# GRAĐEVINAR

3 ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE
GODINA XIX OŽUJAK 1967



RACIONALNA IZVEDBA TIPSKIH 16-KATNIH STAMBENIH TORNJEVA (str. 99)

»GRAĐEVINAR«

GOD. XIX BROJ 3

SADRŽAJ



**SURADNICI**
**OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU i UREDNIKU**

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način,

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 ond. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autori;

fotografije kontrasne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;

popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;

jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocjenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAČAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.
Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić



Tek. rač. kod SDK 301-8-2331
Tisak štamparije »Vjesnik« Zagreb

»GRAĐEVINAR«

VOL. 19 3 — 1967.

Journal of the Society of Civil Engineers of Croatia

CONTENTS



»GRAĐEVINAR«

19-И ГОД ИЗДАНИЯ 3 — 1967.

СОДЕРЖАНИЕ



Godišnja pretplata: Za poduzeća N. Din 200 za prvi pretplatni primjerak, te N. Din 100 za svaki daljnji primjerak. Za ostale pretplatnike N. Din 30. Za đake i studente N. Din 12. Za inostranstvo N. Din 150.

Pojedini primjerci: Za DIT N. Din 1,50. Za poduzeća N. Din 20. Za ostale 3 N. Din.

Cijena oglasa: naslovna str. 3000. Omotne 2500. Unutarnje stranice: 1/1 — 2000, 1/2 — 1500, 1/4 — 1000 N. Din. Kod više uzastopnih oglasa dajemo popust, prema dogovoru.

GRAĐEVINAR

God. XIX Ožujak 1967 Broj 3

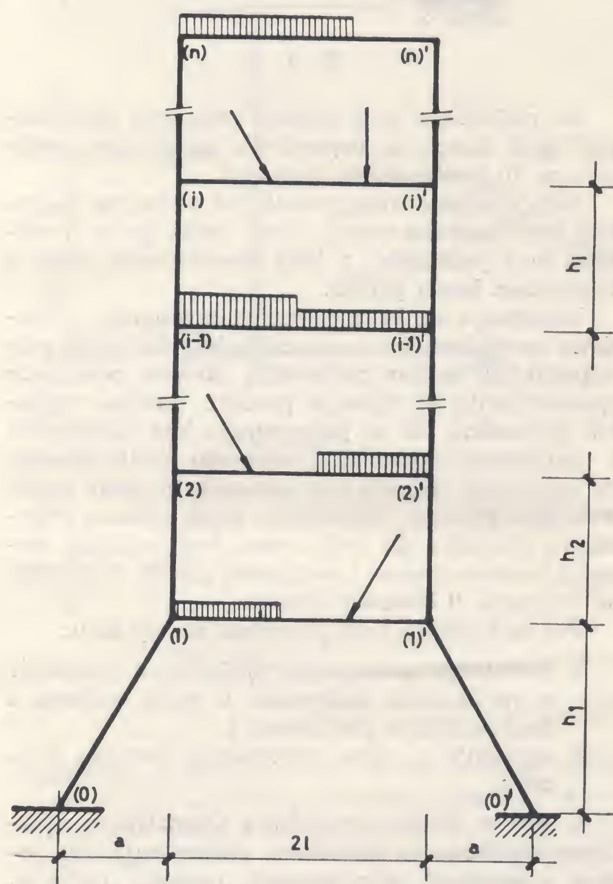
# PRORAČUN VIŠEETAŽNOG OKVIRA S KOSIM STUBOVIMA U NAJDONJOJ ETAŽI

Doc. Ing. Veselin Simović, Zagreb

U ovom radu će biti prikazano kako se i za simetrične okvire, kao što je okvir na sl. 1, može pojednostavniti proračun, tj. kako se može i za takav okvir primijeniti metoda koja je bila prikazana u primjeni na okvire s vertikalnim stubovima (vidi »Građevinar« br. 1 od 1966.).

Najprije će biti dat kratak pregled uobičajenog načina proračuna ovakvog okvira sa svim pojednostavnjenjima koja su moguća kod do sada poznatih metoda.

Za bilo kakvo opterećenje okvira sa sl. 1 proračun se može provesti metodom sila. Sistem je 3n puta statički neodređen, pa bi za njegovo rješenje po toj metodi trebalo riješiti sistem od 3n jednadžbi (n je broj prečki u okviru). Da bi se moglo prići rješavanju jednadžbi, potrebno je prethodno izračunati koeficijente jednadžbi elastičnosti. Broj tih koeficijenata dobijemo po formuli:




*Sl. 1*

$$k = \frac{9n(n+1)}{2}$$

Uzeto je u obzir da je $\delta_{ik} = \delta_{ki}$ te da simetrične koeficijente treba samo jedanput računati. U ovaj broj koeficijenata su uračunati i pomaci od vanjskog djelovanja na okvir.

Za okvir sa samo dvije prečke trebalo bi riješiti sistem od šest jednadžbi sa šest nepoznatih, uz prethodno izračunavanje 27 koeficijenata.

Primjena metode deformacija za proračun ovakvog okvira ne daje nam nikakve olakšice, jer i kod ove metode broj nepoznatih je isti — 3n, i to: 2n kuteva zaokreta čvorova i n nezavisnih relativnih pomaka čvorova.

Čitav proračun možemo pojednostavniti korištenjem simetrije sistema. Rastavljanjem opterećenja na simetričnu i antimetričnu grupu, što je uvijek moguće, proračun i po jednoj i po drugoj metodi možemo skratiti time što ćemo sistem jednadžbi razbiti na dva sistema u kojima je ukupan broj nepoznatih isti, ali se posao bitno skraćuje.

Kod rješavanja po metodi sila, sistem jednadžbi se razbije na dva sistema, i to: jedan sa 2n nepoznatih (slučaj simetričnog opterećenja) i drugi sa n nepoznatih (slučaj antimetričnog opterećenja), dok je po metodi deformacija obrnuto: slučaj simetričnog opterećenja daje n nepoznatih, a za antimetrično opterećenje taj broj je 2n. Iz tog razloga se postupak proračuna može skratiti kombiniranjem obiju metoda, da se za simetrično stanje opterećenja proračun provede po metodi deformacija, a za antimetrično — metodom sila. U tom slučaju trebalo bi riješiti dva sistema jednadžbi sa po n nepoznatih.

Dalje pojednostavnjenje proračuna možemo postići primjenom Crosovog postupka za okvire kod kojih je spriječena mogućnost translatornih pomaka čvorova U tu svrhu okviru sa sl. 1 sprije-

* Smatram svojom dužnošću da obavijestim čitaoce da je prof. dr Oto Werner prije mene došao do rješenje ovog problema. U trenutku kada sam već htio da odustanem od daljeg traženja rješenja, on mi je savjetovao da nastavim s obzirom da sam bio na pravom putu, što sam i učinio. Tako ovaj rad izlazi pod mojim imenom zahvaljujući rijetkoj nesebičnosti prof. Wernera.

čimo horizontalne pomake čvorova dodavanjem pridržajnih štapova $s_i$ (sl. 2). U tim pridržajnim štapovima će se pojaviti sile koje sprječavaju pomake čvorova. Iz uvjeta da ove sile moraju biti jednake nuli, opterećujemo okvir sa istim silama suprotnog predznaka.

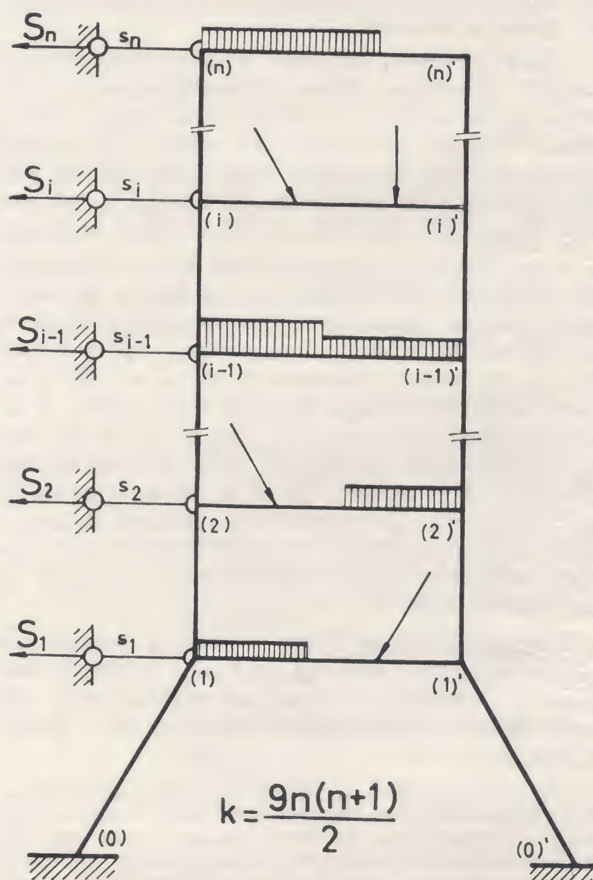
Ovakav okvir riješimo jednostavnim Crosovim postupkom za nepomične okvirne konstrukcije. Sile $s_i$ u pridržajnik štapovima možemo izračunati iz poznatih momenata u stubovima. Ako riješimo dalje okvir za opterećenje silama $-S_i$ i to rješenje superponiramo rješenju dobijenom za nepomični sistem, imamo kompletno rješenje ovog okvira.

Istim postupkom koji smo primijenili i kod okvira sa svim vertikalnim stubovima svedemo sistem na poluokvir prema sl. 3, gdje je:

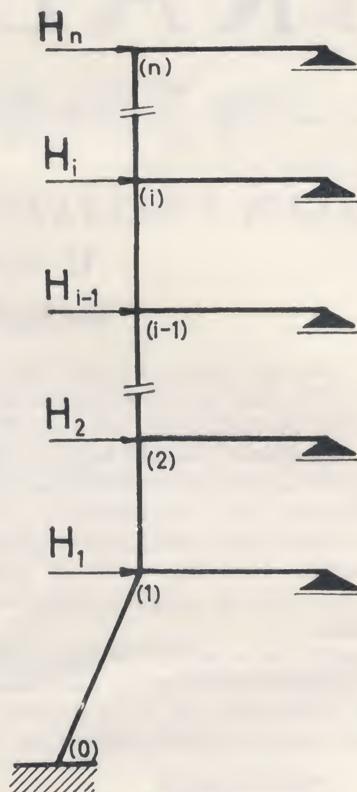
$$H_i = -\frac{S_i}{2}.$$

Ovaj poluokvir je statički neodređen onoliko puta koliko ima prečaka, te bi za rješavanje metodom sila trebalo riješiti sistem od n jednadžbi s n nepoznatih uz prethodno izračunavanje svih koeficijenata kojih će u ovom slučaju biti:

$$k = \frac{n(n+3)}{2}$$




*Sl. 2*




*Sl. 3*

Za rješavanje ovog sistema metodom deformacija imali bismo 2n nepoznatih, pa ga tom metodom ne bi imalo smisla rješavati.

No rješavanje ovog poluokvira metodom sila za veći broj prečaka zadaje dosta posla jer se povećava broj jednadžbi, a broj koeficijenata raste s kvadratom broja prečki.

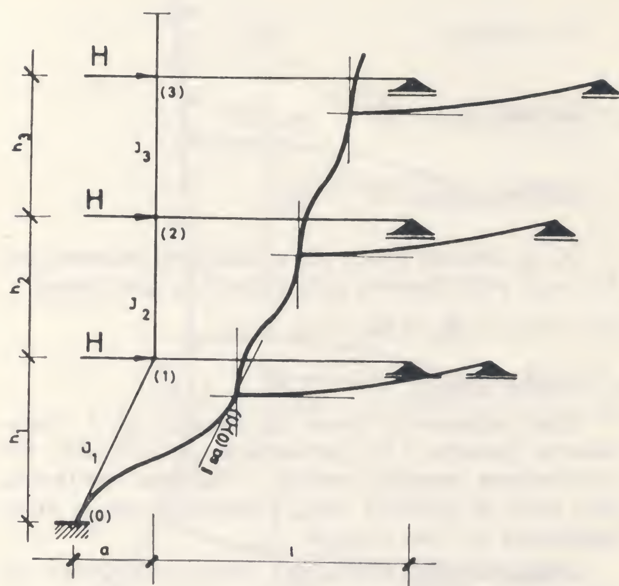
Korištenje do sada poznatih postupaka sukcesivne aproksimacije se ne može bez daljnjega primijeniti na ovakav poluokvir. Metoda postepene aproksimacije ili rješenje pomoću sistema tročlanih jednadžbi, što se primjenjuju kod poluokvira s vertikalnim stubovima, neće nas ovdje dovesti do ispravnog rješenja bez uzimanja u obzir nekih dodatnih utjecaja. Rješavanje ovog sistema komplicira činjenica da ovdje osim horizontalnih pomaka čvorova imamo i vertikalni pomak koji utiče na momente u čitavom sistemu.

Put za rješenje ovog problema sastoji se u:

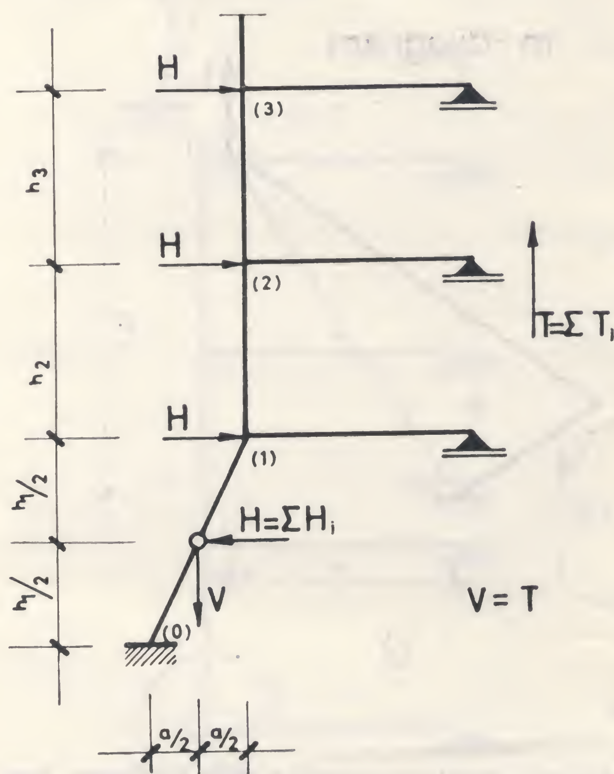
1. korištenju spomenutog rješenja za poluokvir s vertikalnim stubovima u svim etažama i horizontalnim prečkama, i
2. uzimanju u obzir vertikalnog pomaka čvorova.

U prvom koraku proračuna promatramo poluokvir kod koga je spriječeno zaokretanje, ali postoji mogućnost translatornih pomaka čvorova. Deformacija sistema u ovom koraku je prikazana na sl. 4

Za ovo stanje deformacije, koje smo uzeli kao početno, možemo izračunati momente upetosti u




*Sl. 4*




*Sl. 5*

stubovima i prečkama. To će biti početne vrijednosti. Ovdje se javljaju momenti upetosti i u prečkama jer imamo i vertikalni pomak čvorova. Kod poluokvira sa svim vertikalnim stubuvima ovaj pomak ne postoji, pa prema tome ne postoje ni početni momenti u prečkama.

U vertikalnim stubovima momente upetosti dobijemo iz izraza:

$$\overline{M}_i^g = \frac{h_{i+1}}{2} \sum_{j=i+1}^{n} H_j \quad i \quad \overline{M}_i^d = \frac{h_i}{2} \sum_{j=i}^{n} H_j$$

gdje su:

$\overline{M}_i^g$ — momenat upetosti štapa (i, i + 1) u čvoru (i) tzv. gornji momenat

$\overline{M}_i^d$ — momenat upetosti štapa (i, i — 1) u čvoru (i) tzv. donji momenat.

Momenat upetosti u najdonjem kosom stubu dobijemo iz izraza:

$$\overline{M}_{10} = -\frac{h_1}{2} \sum_{i=1}^{n} H_i + V \cdot \frac{a}{2}$$

Ovaj izraz je napisan na temelju slike 5.

U gornjem izrazu nam je nepoznata samo sila V. To je vertikalna komponenta sile u stubu (0 — 1) i možemo je dobiti iz uvjeta ravnoteže, jer poluokvir za deformaciono stanje prikazano na sl. 4 možemo statički promatrati kao poluokvir sa zglobom u sredini kosog stuba, kao što je prikazano na sl. 5. Za ovo stanje deformacije u sredini kosog stuba (0 — 1) je tačka infleksije, a prema tome u toj tački je momenat jednak nuli, pa možemo smatrati da je na tom mjestu zglob. Za određivanje sila H i V sistem je statički određen.

Momente upetosti za prečke dobijemo iz izraza:

$$\overline{M}_{ip} = 3k_{ip} \frac{\delta}{l}$$

gdje je:

$\delta$ — vertikalni pomak čvorova.

Kako poznajemo momente u kosom stubu za ovo stanje deformacije možemo izračunati i ovaj pomak — kao vertikalni pomak čvora (1), jer su vertikalni pomaci svih čvorova isti s obzirom na usvojenu pretpostavku da ne uzimamo u obzir promjenu dužine elemenata.

Pomak $\delta$ možemo izračunati iz izraza:

$$\delta = \int_0^s m \cdot \frac{Mds}{EI}$$

u kojem su:

M — momenat savijanja u nekom presjeku uslijed vanjskog opterećenja na poluokvir (sile $H_i$) kome je spriječena mogućnost zaokretanja čvorova.

m — momenat savijanja u istom presjeku za isti sistem uslijed jedinične sile na mjestu i u smjeru pomaka

E — modul elastičnosti

I — momenat tromosti presjeka.

Korištenjem redukcionog stavka možemo jednu od veličina m i M tražiti na po volji odabranom

sistemu. Kako vrijednosti M već imamo izračunate iz momenata upetosti, to ćemo za traženje momenata m odabrati konzolu.

Na sl. 6a i 6b su prikazani dijagrami momenata za oba stanja opterećenja.

Vrijednost integrala na desnoj strani možemo izračunati množenjem reducirane površine jednog momentnog dijagrama s ordinatom drugog dijagrama u težištu prvog.

Dobijemo:

$$\delta = -\frac{1}{EI_1} \cdot \frac{a \cdot s}{2} \cdot \frac{1}{3} \overline{M}_{10}$$

Zamjenom: $\frac{EI_1}{s} = k_{10}$ imamo: $\delta = -\frac{a}{6k_{10}} \overline{M}_{10}$

Uvrštavanjem ovog izraza za pomak u izraz za momenat upetosti prečke, dobijemo konačno:

$$\overline{M}_{ip} = \nu_i \overline{M}_{10}$$

gdje je:

$$\nu_i = -\frac{a}{2l} \cdot \frac{k_{ip}}{k_{10}}$$

Za prečku: $\mu_{ip} = \frac{3k_{ip}}{K_i}$

Za stub (i, i — 1): $\mu_{i,\, i-1} = \frac{k_i}{K_i}$

Za stub (i, i + 1): $\mu_{i,\, i+1} = \frac{k_{i+1}}{K_i}$

$K_i$ je krutost čvora (i), a dobije se sumiranjem krutosti svih štapova priključenih u tom čvoru:

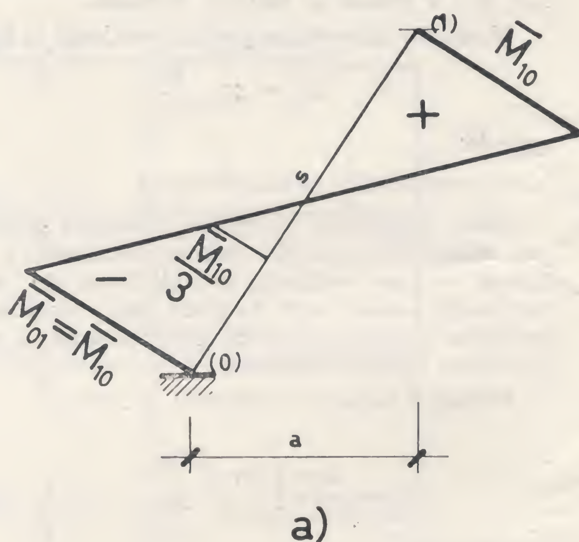
$$K_i = 3k_{ip} + k_i + k_{i+1}.$$

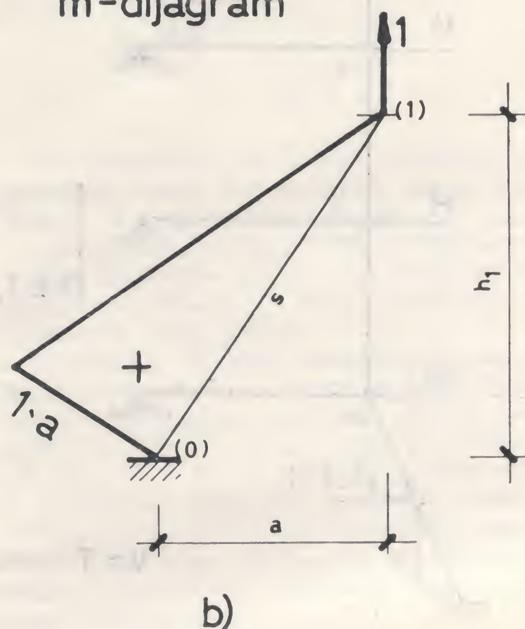
Relaksacija čvora (1)

Kod relaksacije čvora (1) imamo još i translatorne pomake, i to: horizontalne i vertikalni. Od vertikalnog pomaka nastaje i dodatna vertikalna sila koja je jednaka sumi poprečnih sila u svim prečkama za ovo stanje.

Deformaciono stanje pri relaksaciji čvora (1) prikazano je na sl. 7.

Pored momenata koji se pri relaksaciji čvora (1) javljaju u štapovima priključenim u tom čvoru,




*Sl. 6*

Na taj način smo dobili momente upetosti prečaka, izražene direktno pomoću momenta upetosti kosog stuba.

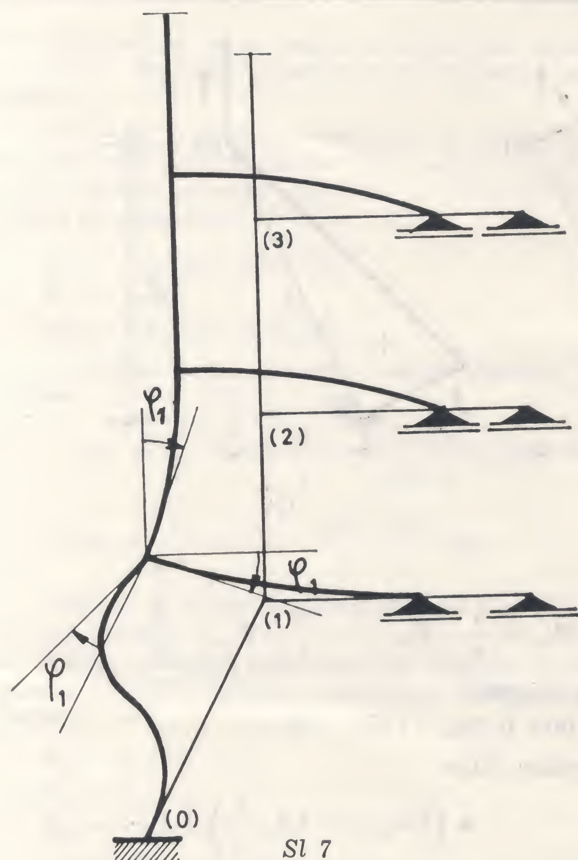
Time bi bio i završen prvi korak u rješavanju promatranog poluokvira.

Naredni korak je relaksacija čvorova.

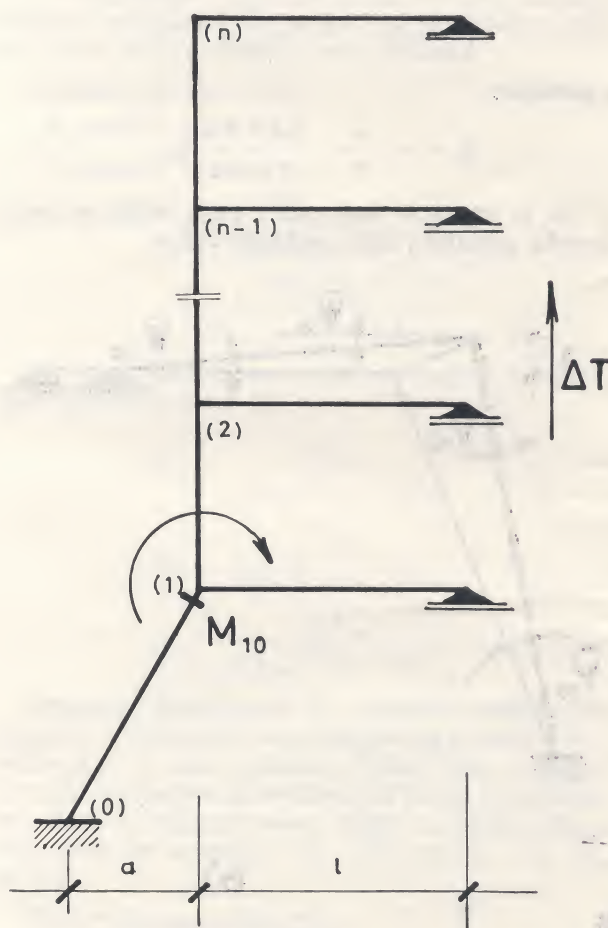
Relaksacija čvorova (2) do (n)

Za čvorove (2) do (n) relaksacija je ista kao kod okvira sa svim vertikalnim stubovima. Razdjelne koeficijente dobijemo iz izraza:

imamo i dodatne momente u svim prečkama. Analogno kao i u prvom koraku ove momente ćemo dobiti iz vertikalnog pomaka čvorova. Za razliku od prvog, u ovom koraku ćemo taj pomak označiti sa $\delta_1$. Da bismo dodatne momente u prečkama mogli izraziti kao funkciju kuta zaokreta čvora (1) — potrebno je da nađemo vezu između kuta $\varphi_1$ i pomaka $\delta_1$. Tu vezu nalazimo iz statičkih uvjeta (sl. 8.).



Sl 7



Sl. 8

Ovdje se pojavljuju ove veličine:

$M_{10}$ — momenat kosog stuba u čvoru (1) nastao uslijed relaksacije čvora (1)

$\Delta T$ — dodatna vertikalna sila nastala uslijed relaksacije čvora (1)

$\Delta V$ — vertikalna komponenta dodatne sile u kosom stubu (0 — 1)

$$\Delta V = - \Delta T.$$

Horizontalna sila u stubu (0 — 1) uslijed relaksacije čvora (1) je jednaka nuli, jer nemamo drugih horizontalnih sila s kojima bi ona mogla biti u ravnoteži.

Iz statičkog uvjeta dobijamo:

$$\Delta T \cdot l = M_{10} \qquad \Delta T = \frac{M_{10}}{l} = - \Delta V.$$

Na taj način smo dobili vezu između momenta i vertikalne sile u čvoru (1) stuba (0 — 1), pa smo u mogućnosti da izrazimo kut zaokreta i pomak kao funkciju jedne veličine, a prema tome da izrazimo i pomak $\delta_1$ pomoću kuta zaokreta $\varphi_1$.

Za traženje kuta zaokreta i pomaka opet ćemo koristiti redukcioni stavak (sl. 9).

Na sl. 9a je dijagram momenata na kosom stubu (0 — 1) uslijed zaokreta čvora (1) za $\varphi_1$, a na sl. 9b i 9c su dijagrami momenata na stubu (0 — 1) uslijed jediničnih sila u smjeru i na mjestu traženih pomaka. Stub je u ovom slučaju promatran kao konzola.

Iz nacrtanih momentnih dijagrama dobijamo za kut $\varphi_1$:

$$EI_1 \varphi_1 = M_{10} \cdot s \cdot 1 + \frac{M_{10} \cdot a}{l} \cdot \frac{s}{2} \cdot 1,$$

a odatle sređivanjem dalje:

$$EI_1 \varphi_1 = \frac{M_{10} \cdot s}{2l} (2l + a).$$

Za pomak $\delta_1$ dobijemo:

$$EI_1 \delta_1 = - \left( M_{10} \frac{a \cdot s}{2} \cdot 1 + \frac{a \cdot s}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{M}{l} \cdot a \right)$$

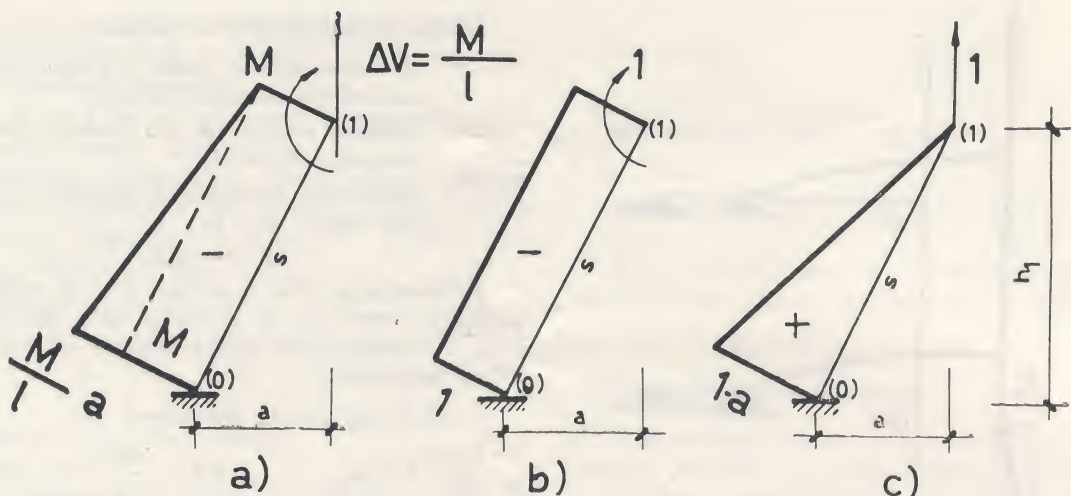
i konačno:

$$EI_1 \delta_1 = - M_{10} \frac{s}{6l} \cdot a (3l + 2a).$$

Iz izraza za kut $\varphi_1$, i pomak $\delta_1$ možemo dobiti vezu između ovih veličina. Pomak $\delta_1$, izražen pomoću kuta $\varphi_1$ glasi:

$$\delta_1 = - \frac{a}{3} \cdot \frac{3l + 2a}{2l + a} \varphi_1.$$

Vezu između pomaka i kuta zaokreta možemo dobiti i na drugi način: postavljanjem jednadžbe rada, koja se u metodi deformacija koristi kod pomičnih sistema. Za to je dovoljno ako promatramo sistem prema sl. 10a. Veza koju dobijemo između vertikalnog pomaka i kuta zaokreta čvora (1) za sistem na sl. 10a važi i za naš poluokvir.




*Sl. 9*

Na sl. 10b je nacrtani sistem pretvoren u kinematski lanac kome smo dali virtuelni pomak čvora u vertikalnom smjeru. Uzet je jedinični pomak.

Primjenom principa virtuelnog rada dolazimo do jednadžbe iz koje dobijamo traženu vezu.

Jednadžda virtuelnog rada glasi:

$$-M_{01}\cdot\overline{\Psi}_{10} - M_{10}\cdot\overline{\Psi}_{10} - M_{1p}\,\overline{\Psi}_{1p} + M\,\overline{\Psi}_{1p} = O$$

Kako je:

$$M = -M_{1p} - M_{10}$$

imat ćemo:

$$M_{01}\,\overline{\Psi}_{10} + M_{10}\,\overline{\Psi}_{10} - M_{10}\,\overline{\Psi}_{1p} = O.$$

U gornju jednadžbu uvrštavamo slijedeće:

$$M_{10} = 4\,k_{10}\,\varphi_1 + 6\,k_{10}\,\Psi_{10}$$

$$M_{01} = 2\,k_{10}\,\varphi_1 + 6\,k_{10}\,\Psi_{10}$$

$$\overline{\Psi}_{10} = \frac{1}{a}\ ;\ \overline{\Psi}_{1p} = -\frac{1}{l}\ ;\ \Psi_{10} = \frac{\delta_1}{a},$$

te dobijemo:

$$(a + l)\cdot M_{10} + l\,M_{01} = O,$$

a odatle dalje:

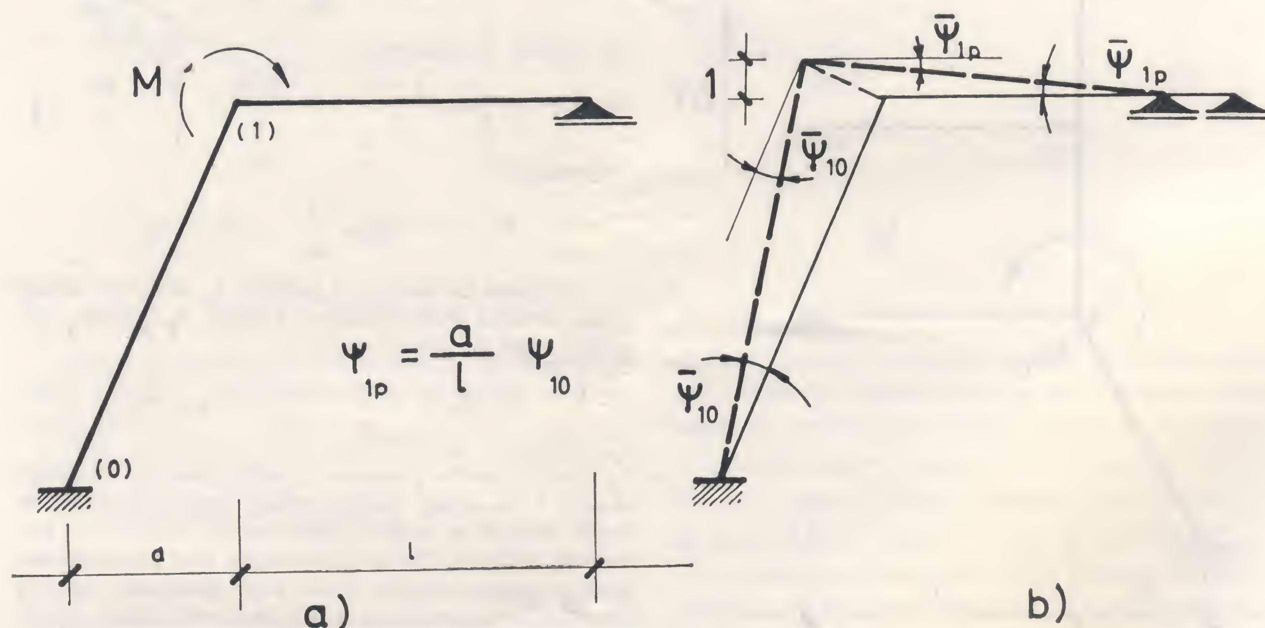
$$a\left(4\,k_{10}\,\varphi_1 + 6\,k_{10}\frac{\delta_1}{a}\right) + l\ \cdot$$

$$\cdot\left(6\,k_{10}\,\varphi_1 + 12\,k_{10}\frac{\delta_1}{a}\right) = O,$$

i konačno:

$$\delta_1 = -\frac{a}{3}\cdot\frac{3\,l + 2\,a}{2\,l + a}\,\varphi_1.$$

To je isti izraz koji smo i prije dobili za vezu između pomaka i kuta zaokreta čvora.




*Sl. 10*

Koristeći se ovom vezom u mogućnosti smo da momente štapova izrazimo kao funkciju samo kuta $\varphi_1$.

Izraze za te momente dobijemo iz općih izraza za momente koje koristimo kod metode deformacija. Za čvorne momente štapova priključenih u čvoru (1) dobijemo:

$$M_{10} = 4\,k_{10}\,\varphi_1 + 6\,k_{10}\,\Psi_{10}$$
$$M_{12} = k_{12}\,\varphi_1$$
$$M_{1p} = 3\,k_{1p}\,\varphi_1 + 3\,k_{1p}\,\Psi_{1p}.$$

U gornje izraze možemo uvesti slijedeće zamjene:

$$\Psi_{10} = \frac{\delta_1}{a} = -\frac{1}{3}\cdot\frac{3\,l + 2a}{2\,l + a}\cdot\varphi_1$$

$$\Psi_{1p} = \frac{\delta_1}{l} = \frac{a}{3l}\cdot\frac{3\,l + 2a}{2\,l + a}\cdot\varphi_1.$$

Izraženi su kutevi zaokreta štapova s kutom zaokreta čvora.

Nakon uvođenja ovih zamjena u izraze za momente, te nakon njihovog sređivanja, dobijemo konačno:

$$M_{10} = \alpha\cdot k_{10}\cdot\varphi_1$$
$$M_{12} = k_{12}\cdot\varphi_1$$
$$M_{1p} = \beta\,k_{1p}\cdot\varphi_1.$$

Krutost stuba (1—2) je ostala ista kao za poluokvir s vertikalnim stubovima u svim etažama, dok za ostale štapove imamo ove krutosti:

Za štap (0—1): $\alpha\cdot k_{10}$

Za prečku 1p: $\beta\cdot k_{1p}$.

U gornjim izrazima su:

$$\alpha = \frac{2\,l}{2\,l + a}$$

$$\beta = 2\,\frac{3\,l^2 + 3a\,l + a^2}{2\,l^2 + a\,l}$$

Iz navedenih izraza možemo dobiti razdjelne koeficijente za čvor (1):

$$\mu_{10} = \frac{\alpha\,k_{10}}{\alpha\,k_{10} + k_{12} + \beta\,k_{1p}}$$

$$\mu_{12} = \frac{k_{12}}{\alpha\,k_{10} + k_{12} + \beta\,k_{1p}}$$

$$\mu_{1p} = \frac{\beta\,k_{1p}}{\alpha\,k_{10} + k_{12} + \beta\,k_{1p}}$$

Prenosni koeficijenti za vertikalne štapove su jednaki — 1, isto kao kod poluokvira s vertikalnim stubovima u svim etažama. Treba osim toga da odredimo prenosni koeficijent od čvora (1) na čvor (0). Ovaj koeficijent ćemo dobiti iz odnosa $M_{01}$ i $M_{10}$. Izraz za momenat $M_{10}$ već imamo, a za $M_{01}$ će biti:

$$M_{01} = 2\,k_{10}\,\varphi_1 - 6\,k_{10}\,\Psi_{10}.$$

Nakon uvrštavanja izraza za $\Psi_{10}$ i sređenja, dobijemo:

$$M_{01} = -2\,k_{10}\cdot\frac{l + a}{2\,l + a}\,\varphi_1,$$

ili izražen pomoću momenta $M_{10}$:

$$M_{01} = -\frac{l + a}{l}\cdot M_{10}.$$

Odavde dobijemo prenosni koeficijent od čvora (1) na čvor (0):

$$\chi_{10} = \frac{M_{01}}{M_{10}} = -\frac{l + a}{l}.$$

Uslijed kuta zaokreta čvora (1), osim u prečki priključenoj u tom čvoru, nastaju momenti i u ostalim prečkama, koje dobijemo iz izraza:

$$M_{ip} = 3\,k_{ip}\,\frac{\delta_1}{l} \qquad i > 1.$$

Nakon uvrštavanja izraza za $\delta_1$ koji smo ranije dobili, imamo konačno:

$$M_{ip} = \frac{a}{l}\cdot\frac{3\,l + 2a}{2\,l + a}\cdot k_{ip}\cdot\varphi_1 = \gamma\cdot k_{ip}\cdot\varphi_1.$$

Interesira nas veza između momenata u prečkama i momenta $M_{10}$ kako bismo mogli dobiti prenosni koeficijent od ovog momenta na momente u prečkama.

Izražavajući momente u prečkama s momentom $M_{10}$ dolazimo do izraza:

$$M_{ip} = \frac{3\,a\,l + 2a^2}{2\,l^2}\cdot\frac{1}{k_{10}}\cdot k_{ip}\,M_{10},$$

odnosno ako uvedemo oznaku:

$$\eta = \frac{3\,a\,l + 2a^2}{2\,l^2}\cdot\frac{1}{k_{10}}$$

dobijemo:

$$M_{ip} = \eta\,k_{ip}\,M_{10}.$$

Odavde izračunamo prenosni koeficijent od momenta $M_{10}$ na prečke uslijed relaksacije čvora (1).

$$\chi_{ip} = \eta\,k_{ip}.$$

Mogli smo tražiti koeficijent koji nam daje momente u prečkama u zavisnosti od ukupnog neuravnoteženog momenta u čvoru (1). No to bi unekoliko kompliciralo iteracioni postupak i preglednost proračuna.

Sumiranjem izraza za momente koje dobijemo uslijed zaokreta čvorova sa momentima pune upetosti, dobijamo konačne izraze za čvorne momente svih štapova.

a) Za čvor (1):

$$M_{10} = \alpha\,k_{10}\cdot\varphi_1 + \overline{M}_{10}$$
$$M_{12} = k_{12}\,\varphi_1 - k_{12}\,\varphi_2 + \overline{M}_{12}$$
$$M_{1p} = \beta\,k_{1p}\,\varphi_1 + \overline{M}_{1p}.$$

b) Za ostale čvorove:

$$M_{i,\,i-1} = k_{i,\,i-i}\,\varphi_i - k_{i,\,i-1}\cdot\varphi_{i-1} + \overline{M}_{i,\,i-1}$$

$$M_{i,\,i+1} = k_{i,\,i+1}\cdot\varphi_1 - k_{i,\,i+1}\cdot\varphi_{i+1} + \overline{M}_{i,\,i+1}$$

$$M_{ip} = 3\,k_{ip}\,\varphi_i + \gamma\,k_{ip}\,\varphi_1 + \overline{M}_{ip}.$$

Koeficijenti $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ su bezdimenzionalne veličine, a zavise o veličinama a i l (sl. 4). Izrazi za ove koeficijente su već dati.

Na osnovu izvedenih izraza moguće je promatrani poluokvir proračunati postepenom aproksimacijom ili postavljanjem jednadžbi u kojima su nepoznate veličine kutevi zaokreta čvorova. Imamo toliko nepoznatih koliko i u slučaju da sistem rješavamo metodom sila. Prednost ove metode je u jednostavnijem i bržem izračunavanju koeficijenata u jednadžbama.

Sistem jednadžbi za poluokvir sa četiri prečke izgleda ovako:

ci koji su jednaki nuli, što s druge strane ubrzava postupak rješavanja jednadžbi.

Analizom prikazanog načina proračuna poluokvira s kosim stubom u najdonjoj etaži, lako uviđamo da je poluokvir sa svim vertikalnim stubovima specijalni slučaj ovog kog mi promatramo. Dovoljno je da u sve izraze za momente i koeficijente uvrstimo a = O. U tom slučaju dobijamo:

$\nu = O$; $\alpha = 1$; $\beta = 3$; $\gamma = O$; $\eta = O$.

Izrazi za momente postaju isti kao i oni koje smo imali za slučaj poluokvira sa svim vertikalnim stubovima. Isto to se događa i s prenosnim i razdjelnim koeficijentima. Prenosni koeficijent $\chi_{10}$ postaje — 1, a prenosni koeficijenti $\chi_{ip}$ nestaju jer je $\eta = O$. Nestaju i momenti upetosti u prečkama ($\nu_i = O$).

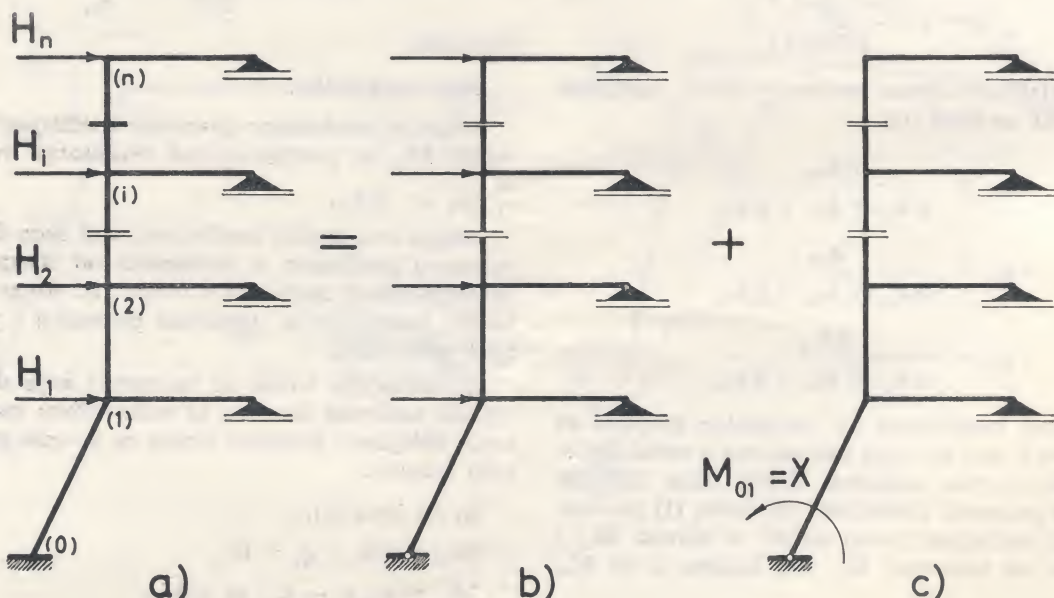
Sistem jednadžbi pretvara se u simetrični sistem tročlanih jednadžbi, kakav imamo kod poluokvira

| $\varphi_4$ | $\varphi_3$ | $\varphi_2$ | $\varphi_1$ | N |
|---|---|---|---|---|
| $3k_{4p} + k_{34}$ | $-k_{34}$ | | $\gamma k_{4p}$ | $-\Sigma\overline{M}_4$ |
| $-k_{34}$ | $3k_{3p} + k_{23} + k_{34}$ | $-k_{23}$ | $\gamma k_{3p}$ | $-\Sigma\overline{M}_3$ |
| | $-k_{23}$ | $3k_{2p} + k_{12} + k_{23}$ | $\gamma k_{2p} - k_{12}$ | $-\Sigma\overline{M}_2$ |
| | | $-k_{12}$ | $\alpha k_{10} + k_{12} + \beta k_{1p}$ | $-\Sigma\overline{M}_1$ |

Ove jednadžbe imaju isto značenje kao i jednadžbe metode deformacija. Vidimo da u ovom slučaju matrica koeficijenata nije simetrična, što izaziva izvjesne teškoće kod rješavanja jednadžbi (veći utrošak vremena). Ali to se kompenzira činjenicom da ima izvjestan broj koeficijenata u matri-

s vertikalnim stubovima, što je prikazano u već citiranom članku.

Poluokvir, koji je predmet ovog rada, možemo proračunati primjenjujući izravno postupak za proračun poluokvira s vertikalnim stubovima u svim etažama. To postižemo kombinacijom metode sila s postupkom postepene aproksimacije.



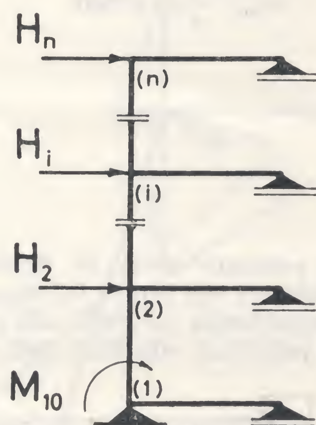

*Sl. 11*

Okviru na sl. 11a možemo statičku neodređenost smanjiti za jedanput, ako upeti ležaj (O) pretvorimo u zglobni. Na taj način smo omogućili kut zaokreta u ležaju (O). Iz uvjeta da taj kut mora biti jednak nuli, možemo odrediti momenat na tom mjestu.

Konačno rješenje dobijamo superponiranjem vrijednosti sa sl. 11b i 11c.

Poluokvir kod koga je u ležaju (O) zglob možemo direktno riješiti postupkom koji primjenjujemo za okvir sa svim vertikalnim stubovima. Ovo iz razloga što već odmah znamo konačnu vrijednost momenta u čvoru (1) štapa (0—1). Za određivanje tog momenta je naš sistem statički određen. Tu činjenicu smo koristili i u već pokazanom postupku kod traženja momenata upetosti štapa (0—1).

U ovom slučaju poluokvir možemo proračunati kao sistem pokazan na sl. 12.




*Sl. 12*

Ova mogućnost nam pokazuje put za rješavanje poluokvira i na drugi način. Kod ovog drugog postupka se problem sastoji u traženju momenta u čvoru (0). Taj momenat ćemo smatrati prekobrojnom veličinom u smislu metode sila.

Označimo li taj momenat sa X možemo ga izračunati iz jednadžbe elastičnosti za ležaj (O), koja glasi:

$$X \delta_{xx} + \delta_{xv} = O.$$

U toj jednadžbi je:

$\delta_{xx}$ — kut zaokreta u ležaju (O) uslijed jediničnog momenta na tom mjestu

$\delta_{xv}$ — kut zaokreta u ležaju (O) uslijed vanjskog djelovanja na poluokvir.

Obadvije ove veličine tražimo na (n-1) puta statički neodređenom sistemu, jer smo ubacili zglob u ležaj (O).

Da bismo pronašli veličine $\delta_{xx}$ i $\delta_{xv}$, a to znači i veličinu X, tj. momenat u ležaju (O), postupamo na ovaj način:

Najprije riješimo poluokvir pokazan na sl. 11b, za koji smo već rekli kako se može riješiti. Iz poznatih momenata možemo izračunati kut zaokreta $\delta_{xv}$, pri čemu ćemo se koristiti redukcionim stavkom.

Nakon toga riješimo zglobni poluokvir (sl. 11c) za opterećenje jediničnim momentom u smjeru i na mjestu prekobrojne veličine X. Razumije se da se i za ovo stanje opterećenja može proračun provesti kao za poluokvir sa svim vertikalnim stubovima, jer konačnu veličinu momenta u čvoru (1) štapa (0—1) možemo odmah izračunati. Iz momentnog dijagrama uz korištenje redukcionog stavka izračunamo veličinu $\delta_{xx}$.

Kad imamo veličinu X, s njom množimo konačne vrijednosti čvornih momenata od jediničnog momenta te dobijemo rješenje poluokvira za opterećenje prema sl. 11c.

Superpozicijom ovog rješenja s rješenjem za opterećenje prema sl. 11b dobijemo rješenje za okvir prikazan na sl. 11a. Ovo rješenje se poklapa sa rješenjem koje dobijemo direktnim postupkom, što će se vidjeti i iz priloženog primjera.

U usporedbi sa postupkom kod kojeg rješavamo poluokvir direktno postepenim aproksimacijama, ovaj postupak je znatno duži, jer moramo dva puta provoditi iteracioni postupak a osim toga treba i izračunati prekobrojnu veličinu po metodi sila. No i ovaj postupak u poređenju s običnim postupkom po metodi sila vodi mnogo brže do rezultata. Ono zbog čega je ovaj postupak važno istaći je činjenica da kod proračuna po njemu ne treba pamtiti skoro nikakve formule ili tražiti pomoć priručnika u kojima su dati izrazi za koeficijente ili momente upetosti.

Dovoljno je znati da je krutost prečke 3 $k_{ip}$, a krutost stuba $k_{ik}$, te iz tih veličina izračunati razdjelne koeficijente, dok su prenosni koeficijenti —1.

Opisane postupke proračuna ćemo ilustrirati jednim primjerom.

**Primjer**

Zadan je poluokvir sa dimenzijama i opterećenjem prema sl. 13.

1. Proračun po direktnom postupku

Najprije ćemo proračunati sve koeficijente koji su potrebni za provedbu postupka sukcesivne aproksimacije. Isti koeficijenti su nam potrebni ako hoćemo rješavati sistem jednadžbi.

a) Pomoćni koeficijenti:

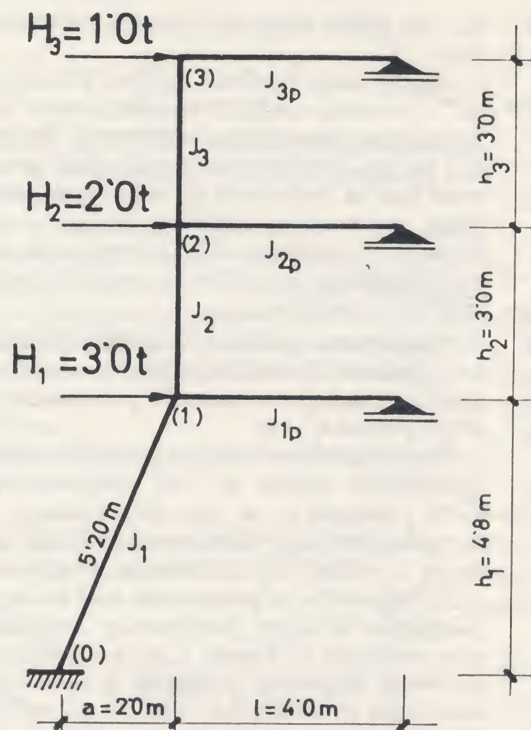
$$\nu_i = \nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = -\frac{a}{2l} \cdot \frac{k_{ip}}{k_{10}} = -0{,}650$$

$$\alpha = \frac{2l}{2l + a} = 0{,}80$$

$$\beta = 2 \cdot \frac{3l^2 + 3al + a^2}{2l^2 + al} = 3{,}80$$

$$\gamma = \frac{a}{l} \cdot \frac{3l + 2a}{2l + a} = 0.80$$

$$\eta = \frac{3al + 2a^2}{2l^2} \cdot \frac{1}{k_{10}} = 3{,}466.$$




$J_2 = J_3 = J_0$

$J_1 = 1{\cdot}5\ J_0$

$J_{1p} = J_{2p} = J_{3p} = 3\ J_0$

$K_{10} = \frac{1{\cdot}5}{5{\cdot}2} = 0{\cdot}2885$

$K_{12} = K_{23} = \frac{1}{3} = 0{\cdot}3333$

$K_{ip} = \frac{3}{4} = 0{\cdot}7500$

*Sl. 13*

b) Razdjelni koeficijenti:

$$\mu_{10} = 0{,}068$$
$$\mu_{12} = 0{,}098$$
$$\mu_{1p} = 0{,}834$$
$$\mu_{21} = \mu_{23} = 0{,}114$$
$$\mu_{2p} = 0{,}772$$
$$\mu_{32} = 0{,}129$$
$$\mu_{3p} = 0{,}871.$$

c) Prenosni koeficijenti

$$\chi_{10} = -\frac{1 + a}{1} = -1{,}50$$

$$\chi_{2p} = \chi_{3p} = \eta k_{2p} = 2{,}60.$$

d) Početni momenti

Vrijednosti početnih momenata (momenti potpune upetosti) uz mogućnost translatornih pomaka izračunavamo na opisani način.

$$V = \frac{1 \cdot 8{,}4 + 2 \cdot 5{,}4 + 3 \cdot 2{,}4}{5} = 5{,}28\ t$$

$Z H_i = 6{,}0\ t$

$\overline{M}_{10} = \overline{M}_{01} = -6{,}0 \cdot 2{,}4 + 5{,}28 \cdot 1{,}0 = -9{,}12$ tm

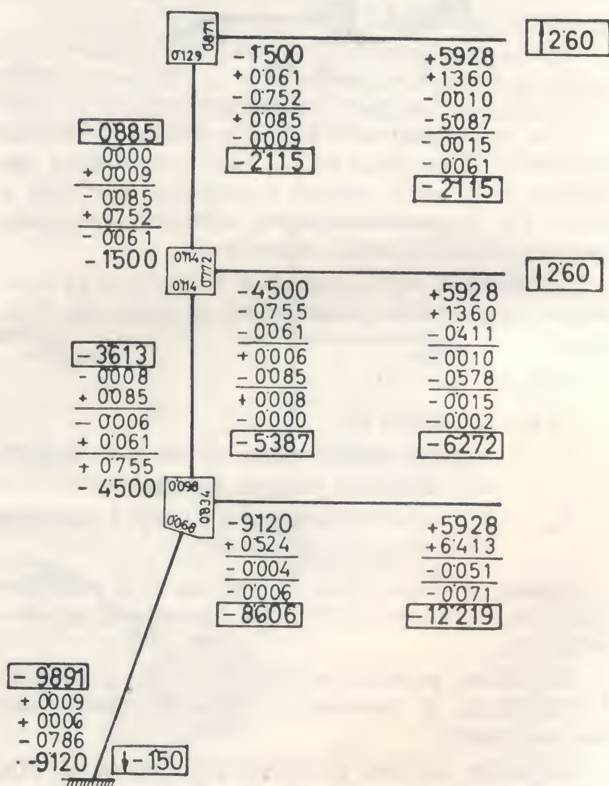
$\overline{M}_{12} = \overline{M}_{21} = -4{,}50$ tm

$\overline{M}_{23} = \overline{M}_{32} = -1{,}50$ tm

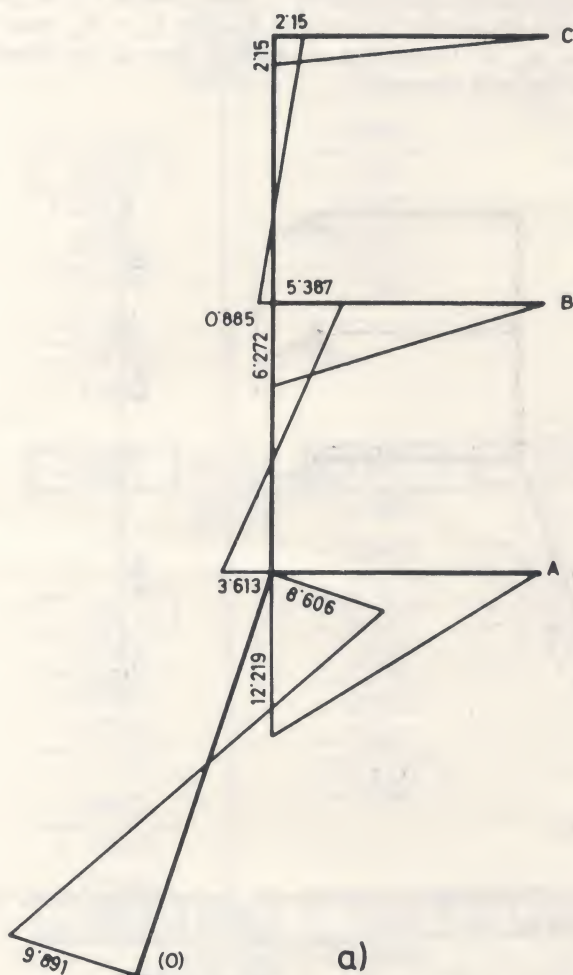
$\overline{M}_{1p} = \overline{M}_{2p} = \overline{M}_{3p} = \nu_i\, \overline{M}_{10} = 5{,}928$ tm.

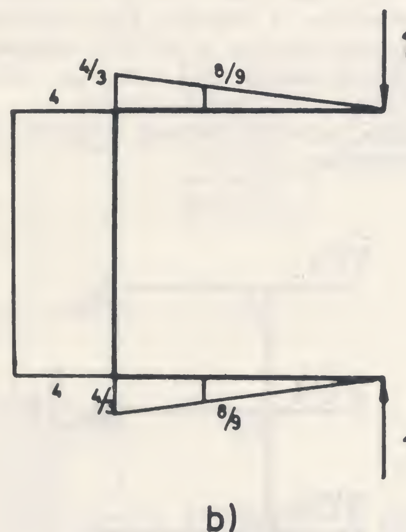
Postupak sukcesivne aproksimacije prikazan je na sl. 14.

Na sl. 15a je nacrtan dijagram momenata. Da je taj dijagram tačan pokazuju kontrole deformacija koje su pokazane na sl. 15. Kontrolirano je: primicanje ležajeva AB ($\delta_{AB}$) i BC ($\delta_{BC}$) te kut zaokreta u upetom ležaju $\varphi_0$. Na sl. 15b je momentni dijagram od jediničnih sila, koji služi za kontrolu




*Sl. 14*




$$EJ_0\delta_{AB} = + \frac{12.219 - 6.272}{2}\cdot 4\cdot\frac{8}{9} = 10.57$$

$$- \frac{5.387 - 3.613}{2}\cdot 3\cdot 4 = -10.64$$

$$EJ_0\delta_{AB} = -0.07 \approx 0$$

$$EJ_0\delta_{BC} = + \frac{6.272 - 2.115}{2}\cdot\frac{8}{9} = 7.37$$

$$- \frac{2.115 - 0.885}{2}\cdot 3\cdot 4 = -7.38$$

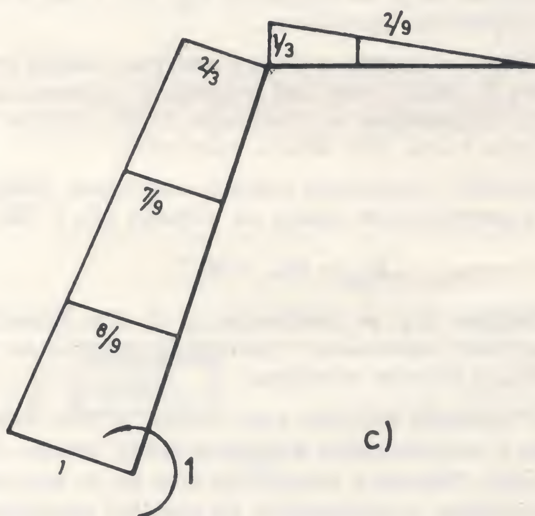
$$EJ_0\delta_{BC} = -0.01 \approx 0$$

$$EJ_0\varphi_0 = - \frac{12.219\cdot 4}{2}\cdot\frac{8}{9} = -5.43$$

$$- \frac{8.606\cdot 5.2}{2}\cdot\frac{7}{9} = -17.40$$

$$+ \frac{9.891\cdot 5.2}{2}\cdot\frac{8}{9} = +22.86$$

$$EJ_0\varphi_0 = +0.03 \approx 0$$

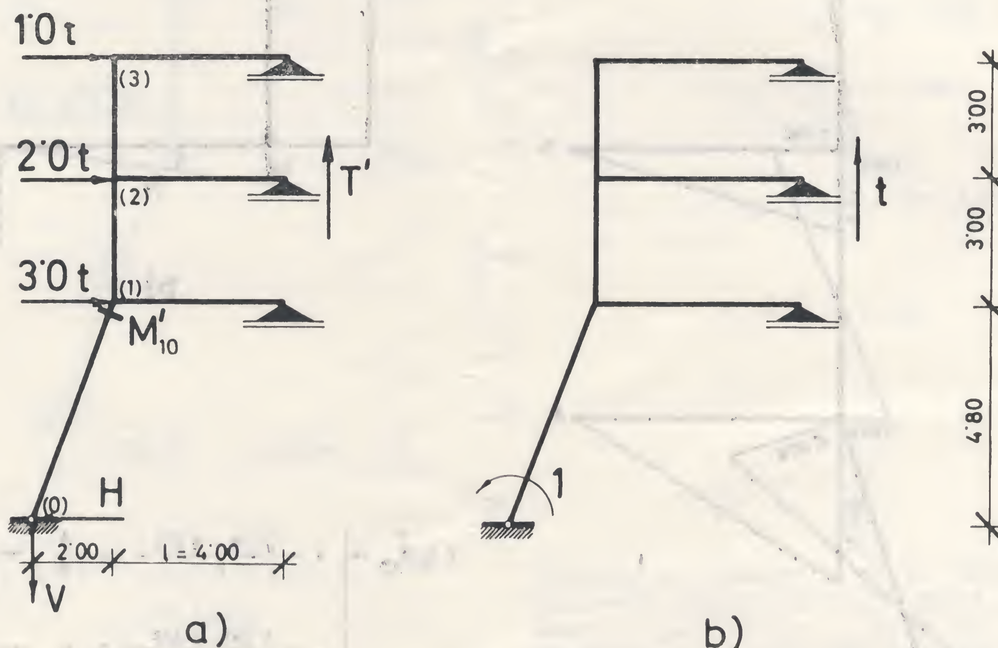



*Sl. 15*

pomaka $\delta_{AB}$ i $\delta_{BC}$, a na sl. 15c je dijagram od jediničnog momenta za kontrolu kuta zaokreta $\varphi_0$. Za računanje deformacija je korišten redukcioni stavak. Dijagrami na sl. 15 b i 15 c su reducirani u omjeru momenata tromosti štapova.

Kontrole pokazuju tačnost rezultata dobijenih ovim postupkom.

Koristeći redukcioni stavak iz dijagrama momenata naći ćemo veličine $\delta_{xx}$ i $\delta_{xv}$. I u jednom i u drugom slučaju uzimamo dijagrame samo na prostoj gredi koja se sastoji iz kosog stuba i prve prečke. Dijagrami i proračun kuteva $\delta_{xx}$ i $\delta_{xv}$ dati su na sl. 18. Dijagrami su ucrtani kao da su štapovi u jednom pravcu.




*Sl. 16*

2. P r o r a č u n p o k o m b i n i r a n o m p o s t u p k u

Najprije provodimo proračun za okvir (n-1) puta statički neodređen, opterećen zadanim silama (sl. 16a).

Iz statičkih uvjeta odredimo veličine: H, V i $M_{10}'$.

$$H = \Sigma H_i = 6{,}0 \text{ t}$$

$$V = \frac{1 \cdot 10{,}8 + 2 \cdot 7{,}8 + 3 \cdot 4{,}8}{6} = 6{,}80 \text{ t}$$

$$M_{10}' = -H \cdot h_1 + V \cdot a = -15{,}20 \text{ tm.}$$

Razdjelne koeficijente već imamo izračunate, jer će za čvor (2) i (3) biti kao i kod direktnog postupka, dok je za čvor (1) isto kao za čvor (3) s obzirom da su iste krutosti štapa (1-2) i prečke, a štap (0-1) u ovom slučaju ima krutost jednaku nuli.

Iteracioni postupak za ovaj slučaj opterećenja pokazan je na sl. 17a.

Za slučaj opterećenja zglobnog poluokvira jediničnim momentom u ležaju (0) (sl. 16b) dobijemo: $M_{10}'' = m_{10}X$.

$$m_{10} = -t \cdot l; \quad t = -\frac{1}{6}; \quad m_{10} = \frac{2}{3} = 0{,}666.$$

Postupak iteracije za ovaj slučaj opterećenja prikazan je na sl. 17b.

Sada možemo izračunati momenat u ležaju (0). On će biti:

$$M_{01}'' = X = -\frac{\delta_{xv}}{\delta_{xx}} = 9{,}891 \text{ tm.}$$

Vidimo da je ta vrijednost ista kao i ona dobijena direktnim postupkom.

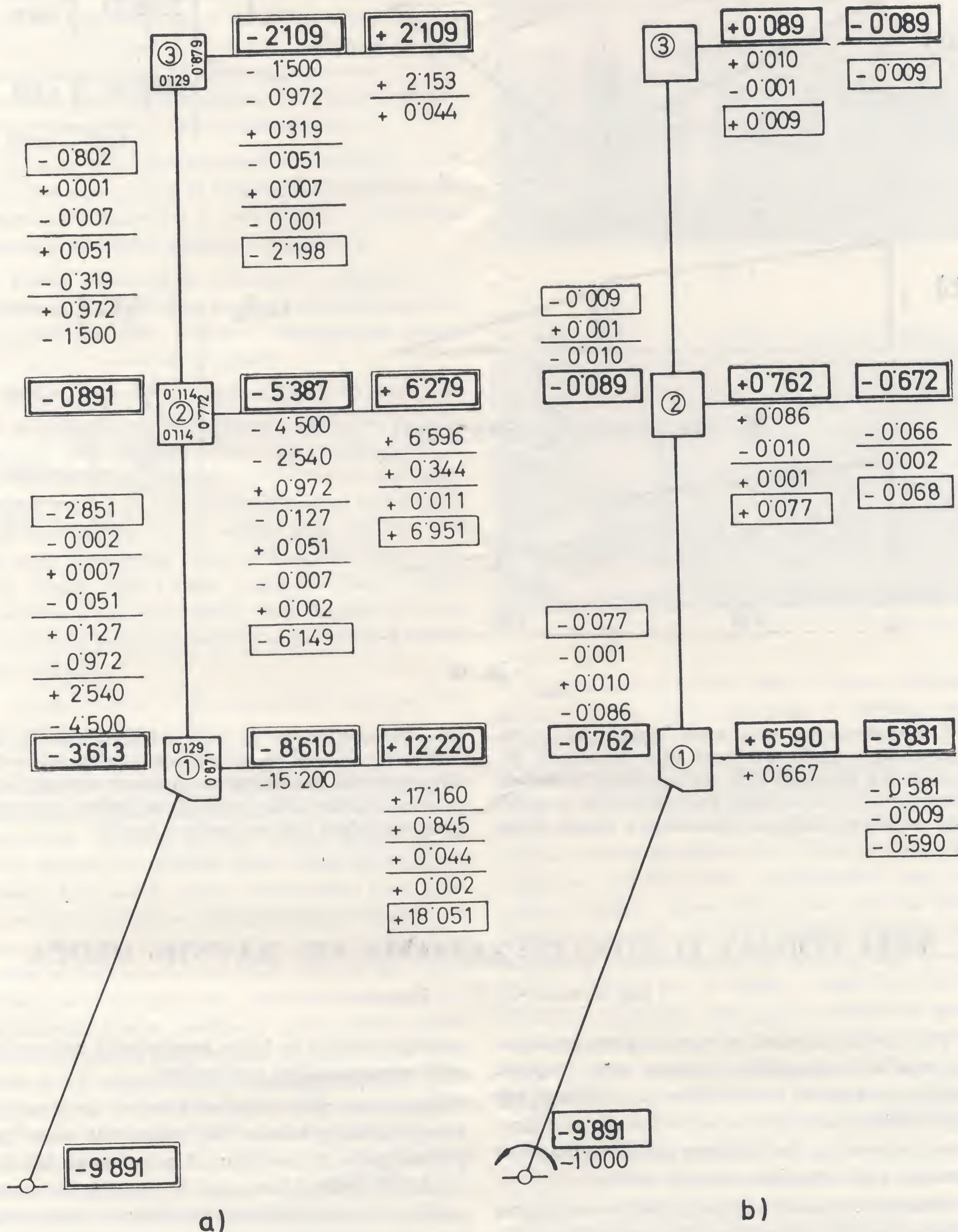
Čvorne momente u svim štapovima, uslijed momenta X, dobit ćemo kad vrijednosti momenata u ležaju (0) množimo s vrijednošću X. Te veličine su napisane na sl. 17b, debelo uokvirene.

Konačne vrijednosti čvornih momenata dobijamo superpozicijom stanja na slikama 17a i 17b.

$$M_{ik} = M_{ik}' + M_{ik}''.$$

Veličine $M_{ik}'$ su izračunate na sl. 17a. Konačne vrijednosti momenata u čvorovima upisane su na sl. 17a, u debelim okvirima.

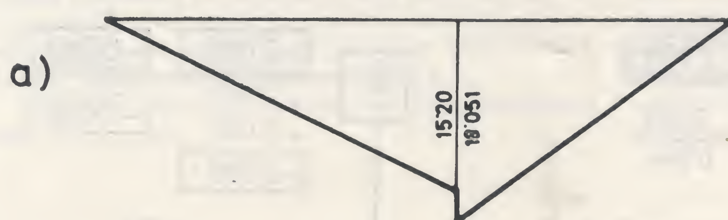
Vrijednosti dobijene ovim putem se jako dobro slažu s vrijednostima koje smo dobili prvim postupkom. Neznatna neslaganja koja su se pojavila u pojedinim vrijednostima su rezultat numeričke pogreške. Veća tačnost se nije mogla postići, pogotovo ako se uzme u obzir da je proračun provođen uz pomoć logaritamskog računala.


③
0·879
0·129
- 2·109
+ 2·109
- 1·500
- 0·972
+ 0·319
- 0·051
+ 0·007
- 0·001
- 2·198
+ 2·153
+ 0·044
- 0·802
+ 0·001
- 0·007
+ 0·051
- 0·319
+ 0·972
- 1·500
- 0·891
②
0·114
0·772
0·114
- 5·387
+ 6·279
- 4·500
- 2·540
+ 0·972
- 0·127
+ 0·051
- 0·007
+ 0·002
- 6·149
+ 6·596
+ 0·344
+ 0·011
+ 6·951
- 2·851
- 0·002
+ 0·007
- 0·051
+ 0·127
- 0·972
+ 2·540
- 4·500
- 3·613
①
0·129
0·871
- 8·610
+ 12·220
-15·200
+ 17·160
+ 0·845
+ 0·044
+ 0·002
+ 18·051
- 9·891
a)
③
+ 0·089
- 0·089
+ 0·010
- 0·001
+ 0·009
- 0·009
- 0·009
+ 0·001
- 0·010
- 0·089
②
+ 0·762
- 0·672
+ 0·086
- 0·010
+ 0·001
+ 0·077
- 0·066
- 0·002
- 0·068
- 0·077
- 0·001
+ 0·010
- 0·086
- 0·762
①
+ 6·590
- 5·831
+ 0·667
- 0·581
- 0·009
- 0·590
- 9·891
- 1·000
b)

*Sl. 17*

M - dijagram

a)



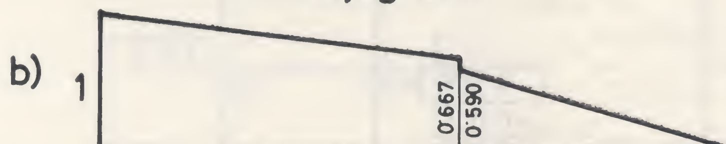

$$EJ_o\delta_{xv} = \frac{15.200 \cdot 5.2}{2} \cdot \frac{7}{9} = 30.74$$

$$- \quad \frac{18.051 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{9} = 8.03$$

$$EJ_o\delta_{xv} = -38.77$$

m - dijagram

b) 1




$$EJ_o\delta_{xx} = \frac{2}{3} \cdot \frac{5.2}{2} \cdot \frac{7}{9} = 1.348$$

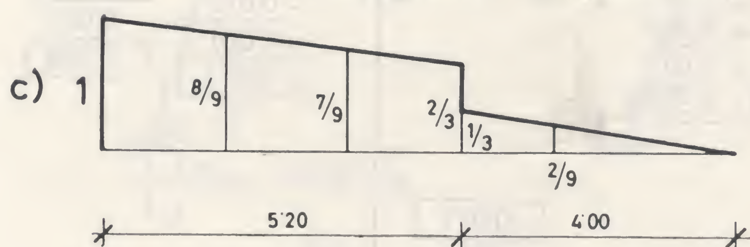
$$1 \cdot \frac{5.2}{2} \cdot \frac{8}{9} = 2.310$$

$$\frac{0.590 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{9} = 0.252$$

$$EJ_o\delta_{xx} = 3.920$$

$\overline{m}$ - dijagram (reduciran)

c) 1




*Sl. 18*

Uspoređivanjem prikazanih postupaka proračuna treba svakako prednost dati direktnom, pomoću kojeg dolazimo brže do rezultata. U pogledu konvergencije iteracionog postupka očita je prednost ovakvog okvira — poluokvira prema onom sa svim vertikalnim stubovima Razlog tome je što već kod početnih čvornih momenata imamo veličine različitih predznaka — momenti upetosti prečaka su pozitivni. Na taj način se znatno smanjuje neuravnoteženi dio momenta u čvoru.

# NEKI PODACI O KONSTRUKCIJAMA OD RAVNIH PLOČA

**Ing. Zvonimir Rechter, Zagreb**

Pod konstrukcijama od ravnih ploča podrazumijevaju se konstruktivni sistemi, gdje se ploča oslanja direktno na stupove, bez posredstva greda ili podvlaka. Takve ploče upotrebljavaju se u zgradama, mostovima, kao stropne i kao kontinuirane temeljne ploče na slabo nosivom terenu.

Osnovni dio konstrukcije je ploča oslonjena na stupove, bez ikakvih vidljivih ili skrivenih pojačanja u ploči na mjestu dodira stupa i ploče. Postoji čitav niz varijanti osnovnog sistema. Upotrebom takvih nosača možemo postići uštede u cijeni izgradnje, a nekad se takva konstrukcija bolje prilagodi arhitektonskim zahtjevima.

Ravne se ploče rade od klasično armiranog i prenapregnutog betona. One mogu biti monolitne, polumontažne ili montažne. Stupovi mogu biti betonski ili čelični. Ravna ploča je križnoarmirana ploča, kojoj su kontinuirani oslonci zamijenjeni koncentriranim (stupovi).

Ploče su ravninski elementi ,njihova teoretska analiza je teška i komplicirana. Pored uobičajenih pretpostavki da je materijal homogen i izotropan,

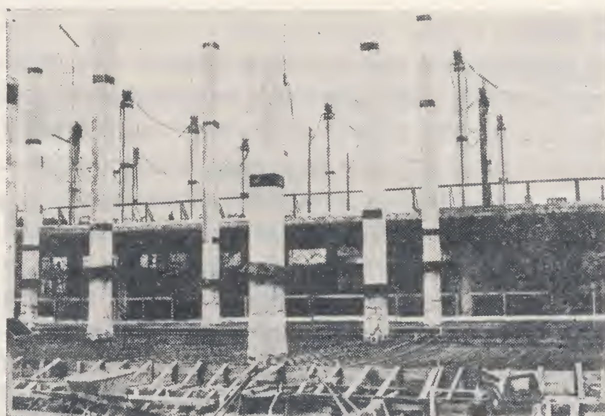
itd., teoretska analiza obično zanemaruje i uticaj debljine ploče i površinu na kojoj djeluje koncentrirana sila. Tačan proračun ovih ravnih ploča kao i križno-armiranih ploča ne treba provoditi, jer uštede u materijalu koje bi takvi računi omogućili ne bi bile dovoljne da opravdaju povećane troškove projektiranja, a niti obzirom na rad oko kompliciranog armiranja tako računatih ploča.

Ova se konstatacija odnosi na sadašnje stanje projektiranja, a time se naravno ne pledira na zaustavljanju napretka u teoretskim i praktičnim tretmanima takvih sistema konstrukcija.

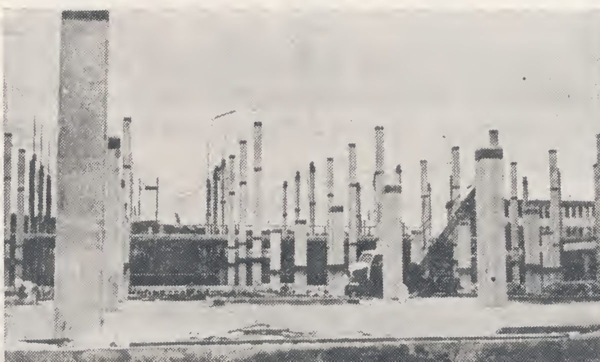
Postoji više metoda približnog proračuna ravnih ploča, koje su jednostavne, a daju dovoljno racionalne rezultate. Praksa i eksperimenti potvrdili su ispravnost ovih metoda.

Kad se po prvi put razmatraju ravne ploče, može se pomisliti da nije moguće ploče jednostavno osloniti samo na stupovima, bez pomoći greda ili odebljanja. Neki statičari smatraju osnovni sistem ravnih ploča kao pečurkastu ploču bez podebljanja kod oslonca, no kao što »vuta« nije bitni dio greda nego predstavlja jedno od mogućih rješenja datog nosača, tako i neko pojačanje ravnih ploča predstavlja samo varijantu ovog sistema, kojim se eventualno postižu uštede ili su predviđena iz drugih razloga.

Prednost ovih ploča nad ostalim tipovima konstrukcija je često velika. Na primjer: raster stupova ne treba biti pravilan, a proizvoljno postavljeni stupovi manje poskupljuju konstrukciju negoli u bilo kojem drugom sistemu. Visina sprata je povećana, odnosno ukupna visina zgrade za isti broj katova, uz jednake čiste visine, je smanjena. Grede, koje sadrže ostale konstrukcije često predstavljaju problem za arhitektonsko oblikovanje interijera. Postavljanje raznih vodova i cijevi ispod ploče je jednostavno, jer ploča nema greda. Grede onemogućavaju pravilno rasprostiranje svijetla i cirkulaciju zraka, osobito u većim prostorijama. Izrada stropa je pojeftinjena, jer je dovoljno ožbukati donju stranu ploče. Toplinska i zvučna izolacija ovih ploča jednaka je, ili bolja, nego kod drugih sistema nosača. Oplata ravnih ploča je jednostavna i minimalna, a mogućnost njene višestruke upotrebe je znatna. Armatura je jednostavna (većinom su to prave šipke), polaganje armature je lako i brzo izvedivo. Za potpuno ravne ploče obično je potrebno nešto više armature nego za druge sisteme, ali je taj gubitak nadoknađen cijenom oplate.



*Sl. 1*



*Sl. 2*

Kad se svi ovi faktori uzmu u račun, vrlo često je konstrukcija od ravnih ploča najjeftiniji konstruktivni sistem.

Razmotrimo jedan primjer. Tlorctno kvadratična ravna ploča poduprta je stupovima na razmaku od 4,5 metra. Debljina ploče je 14 cm, a stupovi su dimenzija 40×40 cm. Ploča je opterećena ukupnim kontinuiranim opterećenjem od 625 kg/qm. Ukupno opterećenje koje preuzima jedan stup je: $Q = 4{,}5 \times 4{,}5 \times 625 = 12600$. Površina minimalnog presjeka ploče za preuzimanje glavnih kosih napona je: $F = (40{,}0 + 12{,}0) \times 4 \times 0{,}87 \times \times 12{,}0 = 2170$ qcm. Kosi glavni naponi su prema tome 5,8 kg/qcm; to je u okviru dopuštenih napona za beton bez armature. Očigledno je da u ovom slučaju stup ne će »probušiti« ploču, iako je debljina ploče približno jednaka debljini križno-armirane ploče jednakih raspona.

Ravne ploče se malo upotrebljavaju, u mnogim zemljama to su još uvijek jedva poznate konstrukcije. Međutim, u USA i zemljama čiji su tehnički propisi zasnovani na američkim, ravne su ploče ušle u svakodnevnu upotrebu. U Evropi se pretežno upotrebljavaju pečurkaste ploče, ali i te samo

u slučaju velikih kontinuiranih opterećenje. Teško je objasniti ovo stanje kad se imaju u vidu prednosti ravnih ploča. Ponekad se nepravedno tvrdi da su ove ploče skuplje od križno-armiranih ploča, ali ta tvrdnja ne može da podnese ozbiljnu uporednu analizu. Nekima konstrukterima nedostaje poznavanje racionalnih metoda proračunavanja ravnih ploča. I razvoj betonskih konstrukcija je također pridonio nepoznavanju ravnih ploča. Prvi betonski elementi jednostavno su zamijenili zidane, drvene ili čelične elemente, koji su se do tada upotrebljavali u građevinarstvu, a stari način građenja nije poznavao ploču kao ravninsku konstrukciju. Zato je bilo normalno da se upotreba ploča ograniči na slučajeve kad je ona oslonjena na kontinuirane ležajeve. I danas se pod križno-armiranim pločama obično smatraju ploče koje su oslonjene na sve četiri strane, a ne ploče koje prenose opterećenje na oslonce radom u dva koordinantna pravca.

U jednom konkretnom slučaju, gdje sam primijenio takve konstrukcije od ravnih ploča, okolnosti su bile slijedeće:

Položaj i veličina zemljišta odlično su odgovarali potrebama investitora, za izgradnju velikog skladišta gotovih proizvoda. Cijena zemljišta je bila minimalna. Ali to gradilište je bila zatrpana stara jama, odakle se je jednom vadila glina za potrebe obližnje ciglane. Osnovno dno jame bilo je neravno, na pojedinim mjestima preko 20 m duboko. Jama je bila zasuta neorganskim otpacima, koji su se deponirali tokom godina. Nosivost nasutog materijala je bila znatna, ali je mogućnost nejednakog slijeganja bila velika.

Da li je takav teren uopće podesan za izgradnju nekog većeg objekta, zavisilo je o načinu temeljenja i izboru odgovarajućeg sistema konstrukcije.

Poslije detaljne studije utvrđeno je, da se zabijani piloti ne mogu upotrebiti, jer u nasipanom materijalu postoje i čvrsti veliki blokovi kamena i starog betona. Bušeni piloti i injektno cementiranje tla otpali su zbog prevelike cijene. Zato je bilo potrebno odabrati takav okvirni sistem konstrukcije zgrade, koji će podnijeti nejednako slijeganje temelja bez oštećenja.

Analiza cijena raznih sistema konstrukcija pokazala je da je najjeftinija i najjednostavnija upotreba »ravnih« ploča. Izabran je sistem polumontažnih (»lift«) ravnih ploča. Montažni, prefabricirani armirano betonski stupovi bili su podignuti na pojedinačnim temeljima. Ploče su bile betonirane na tlu, jedna povrh druge. Pomoću hidrauličnih dizalica ploče su zatim podizane na potrebnu visinu. Čelični klinovi su služili pri tom za oslanjanje ploča na stupove

Gotova konstrukcija bila je opterećivana mokrim pijeskom da bi se proizvelo slijeganje tla prije predaje zgrade u eksploataciju. Kod toga se pomicala ploča, gdje je bilo potrebno. Slijeganje temelja je bilo vrlo nejednako, pojedini temelji su utonuli oko 25 cm. Poslije šest mjeseci objekt se stabilizirao i izgradnja je nastavljena na uobičajeni način. Za tri godine upotrebe skladišta nije se pojavilo daljnje slijeganje temelja, niti su se pojavile pukotine u pločama ili zidovima.

Kvalitetna izgradnja ovog objekta, u tolerantnim granicama koštanja, bila je omogućena upotrebom konstrukcije od »ravnih« ploča.

# STROPNE KONSTRUKCIJE OD ARMIRANE OPEKE

**Ing. Sergije Kolobov, Zagreb**

*I. Opće upute za primjenu*

Stropne konstrukcije od armirane opeke mogu se primjenjivati u zgradarstvu za bilo koje stalno i pokretno opterećenje kontinuiranog karaktera.

Stropne konstrukcije od armirane opeke ne smiju se upotrebljavati za opterećenje u obliku koncentričnih sila kao što su: a) vozila sa malom širinom naplataka točkova bez dovoljnog sloja posteljice koji osigurava prijenos koncentrične sile na veću površinu; b) kod opterećenja sa većim strojevima u industrijskim objektiva bez posebnih temelja; c) kod opterećenja strojevima s jačom trešnjom, koji imaju veće dinamičke učinke.

Izvođenju konstrukcija od armiranih opeka mogu pristupiti sva građevna poduzeća s priučenim radnicima, koji su se prethodno detaljno upoznali s načinom rada pri prefabrikaciji gredica, transportu i montaži.

Proizvođač šupljih tankostijenih opeka mora na svaku opeku staviti svoju oznaku, kojom garantira propisani kvalitet svojih proizvoda. Uz svaku isporuku toga materijala proizvođač mora priložiti i certifikat u kojem treba da navede kada je materijal proizveden, kao i ostala njegova svojstva,

kao što su: čvrstoća, procent upijanja vode, itd., prema standardu za opekarske proizvode (JUS B. D1. 030).

Građevno poduzeće je dužno da provjerava dostavljenu opeku i da ju da ispitati, prema JUS. B. D1.030, kod zavoda za ispitivanje materijala.

Za kontrolu kvaliteta izvedbe svaka deseta montažna gredica mora prije ugradbe biti ispitana pokusnim opterećenjem sa živim teretom. To pokusno opterećenje gredica imade se obaviti na onom gradilištu na kojem će se gredice upotrebiti, tj. nakon njihovog eventualnog transporta.

Za konstrukcije s normalnim opterećenjem, tj. q = 500 — 700 kg/m², živi teret čini jedan čovjek na 1 m grede. Kod većih opterećenja q = 700 — — 900 kg/m² dolaze dva čovjeka na 1,50 m greda.

Trajanje pokusnog opterećenja svake pojedine grede sa živim teretom iznosi najmanje 3 minute. Osobe koje opterećuju, treba da na gredu stanu oprezno i da stoje mirno kroz određeno vrijeme.

Tankostijene šuplje opeke (tipa odobrenog od Sekretarijata za građevinarstvo Hrvatske br. 1926/57*) trebale bi da se proizvode u slijedećim dimenzijama:

| Visina | Širina | Dužina |
|---|---|---|
| 5,0 cm | 20 | 25 |
| 8,0 ,, | 20 | 25 |
| 12,0 ,, | 20 | 25 |
| 16,0 ,, | 20 | 25 |
| 20,0 ,, | 20 | 25 |

Proizvode se i poluopeke, tj. dužine 12,5 cm. Slike poprečnih presjeka priložene su na kraju članka.

Opeke visine 12, 16 i 20 cm proizvode se: a) kao noseći elementi od kojih se sastavljaju montažne gredice. Te opeke providene su sa donje i bočnih strana užljebinama za ulaganje noseće i montažne armature; b) kao elementi ispune, koji se postavljaju između montažnih nosećih gredica, a koji imaju zatvorene donje užljebine. U slučaju da nema dosta nosećih elemenata, mogu se čekićem otvoriti donje užljebine (d = 3 mm) i od elementa ispune sastaviti montažne noseće gredice. U tom slučaju betonsko rebro bit će za 5 mm šire između pojedinih gredica.

Konstrukcije sastavljene od armiranih opeka mogu imati iste visine kao i same opeke, a nanošenjem sloja konstruktivnog cementnog namaza od 1, 2 i 3 cm može se, prema potrebi, korigirati visina opeka. U slučaju primjene kombinirane visine, tj. visine opeke i sloja cementnog namaza naznačuje se u statičkom računu pozicija npr.: »Ravna ploča od armirane opeke visine 16 + 2 cm.« Na taj način mogu se postići sve visine ploča od 5 do 23 cm.

*II. Građevni materijal*

Šuplja tankostijena opeka za konstrukcije od armirane opeke treba da ima minimalnu tlačnu čvrstoću od 200 kg/cm² (JUS B. D1. 030 predviđa tlačnu čvrstoću i 100 kg/cm², međutim, opeka s malom tlačnom čvrstoćom može se upotrebiti samo za ispunu) uz ostala svojstva obične zidne opeke marke Op-200.

Ukoliko se, prilikom ispitivanja dobavljene opeke, ne pokaže minimalna tlačna čvrstoća od 200 kg/cm², smiju se te opeke upotrijebiti samo u konstrukcijama manjih raspona i opterećenja. Opeke srednje tlačne čvrstoće, od 150 kg/cm², odnosno manje pojedinačne čvrstoće od 120 kg/cm², mora se isključiti od upotrebe za stropne konstrukcije.

Beton za ispunu međuprostora između montažnih elemenata treba biti marke M 160, pripremljen s granuliranim agregatom do maksimalnog promjera zrna 7 mm (stopostotni prolaz kroz sito otvora 8 mm), a u mješavini s potrebnom količinom cementa za dobijanje propisane marke betona.

Cementni mort za ispunu užljebine za polaganje armature treba da je mješavina do 500 kg cementa na 1 m³ finog granuliranog pijeska veličine zrna do 2 mm. Cementni mort za ispunjavanje sudarnih reški, kako opeka u gredicama, tako i nenosivih uložaka, je mješavina cca 500 kg cementa i maksimalno 30 kg vapna na 1 m³ pijeska, veličine zrna cca 1 mm. Vapno se dodaje za povećanje prionjivosti svježeg morta i opeke. Cementni mort za zaštitni namaz i izravnanje gornje površine gotove gredice u debljini do 5 mm izvodi se kao mort za ispunu užljebine.

Cementni namaz za povećanje statičke visine ploča izvodi se do debljine 2 cm kao za užljebine, dok se kod glazure visine veće od 2 cm izvodi kao za ispunu između montažnih elemenata.

Za armaturu nosećih gredica mogu se upotrijebiti sve vrste čelika kao i za armirani beton.

---

* Ovo poglavlje kao i dijagram za dimenzioniranje razrađeni su samo za opeke odobrene ovim propisom. Svi pokusi izvedeni su u IGH. Ovaj sistem opeka naziva se i »monta«.

*III. Osnova statičkog proračuna*

Kao statička visina presjeka uzima se puna visina presjeka (zajedno s konstruktivnom glazurom), umanjena za 1,5 cm, tj. za debljinu zaštitnog sloja betona. Kod konstrukcija izloženih štetnim uplivima i atmosferilijama potreban je zaštitni sloj debljine najmanje 2 cm.

Kao statička širina presjeka kod konstrukcija sastavljenih od samih montažnih gredica, tj. od samih nosećih armiranih elemenata, uzima se cijela širina presjeka, odnosno 1 m. Kod konstrukcija sastavljenih od nosećih armiranih gredica i elemenata ispune iste širine, kao i nosećih elemenata, uzima se kao statička širina cijela širina, odnosno 1 m, samo u slučaju da se i elementi ispune međusobno povezuju cementnim mortom u sljubnicama.

Maksimalni prečnik čelične armature koja se upotrebljava kod ploča od armirane opeke je 14 mm, zbog male raspoložive količine betona potrebne za postizavanje prionljivosti između čelika i betona.

Kao minimalni procenat noseće armature kod ploča od armirane opeke do raspona $l_s = 3{,}00$ m (Indeks $l_s$ označuje statički raspon ploče) smatra se 0,1% ukupnog presjeka, dok se kod konstrukcija većeg raspona minimalni procenat noseće armature povećava na 0,2%.

Ploče od armirane opeke mogu biti konstruirane kao: a) slobodno položene, b) uklještene, c) kontnurane, i d) konzolne.

Kod konstrukcija pod b, c i d potrebna armatura za preuzimanje negativnih momenata smještava se u beton međuprostora između montažnih elemenata. Pri tom treba obratiti naročitu pažnju na usidrenje čelika u betonu i zato treba gornju vlačnu armaturu usidriti u beton ispod neutralne osi. Pri nastavljanju vlačne armature na preklop, dužina preklopa mora biti najmanje 40—50 promjera čelika.

Za izvedbu konstrukcija navedenih pod b, c i d plohe opeka koje preuzimaju tlačne napone koncentrirane su s gornje i donje strane opeke, te su približno jednake.

Najmanja dopuštena ukupna visina ploča od armirane opeke ne smije biti manja od 1/30 odstojanja nultih tačaka momenata. Odstojanja nultih tačaka momenata uzimaju se:

za ploču koja je računata kao prosta greda 1,00 l

za ploču koja je računata kao uklij eštena greda na jednom kraju — 0,75 l,

za ploču potpunu uklij eštenu s oba kraja 0,60 l,

za kontinuirane ploče sa jednakim rasponima: za krajnja polja — 0,80 l, i za srednja polja — 0,70 l.

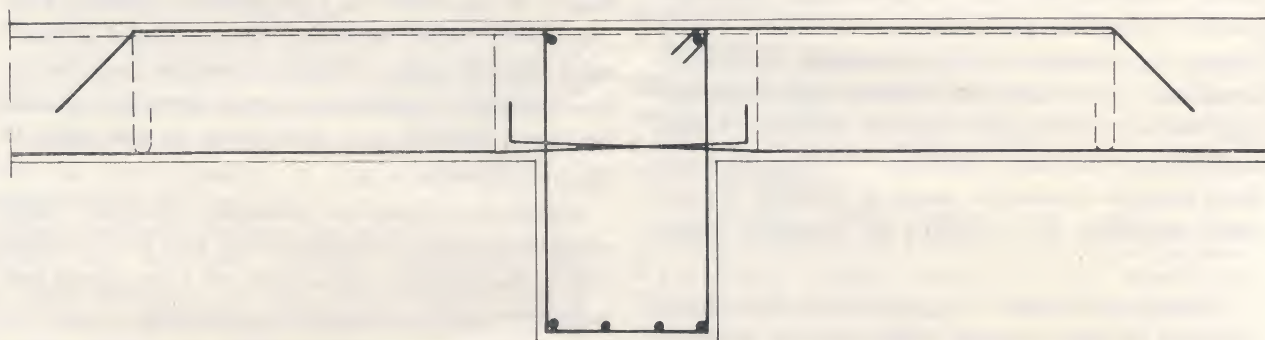
Progib gotove ploče od armirane opeke pod opterećenjem ne smije biti veći od 1/500 l. Progib pojedinih gredica od armirane opeke u fazama montaže ne smije biti veći od 1/200 l.

Nakon postavljenja nosećih greda, a prije polaganja elemenata ispune i betoniranja međuprostora i cementnog namaza, mora se konstrukcija podbočiti u sredini, ukoliko je čisti otvor prostorije veći od 4,00 m.

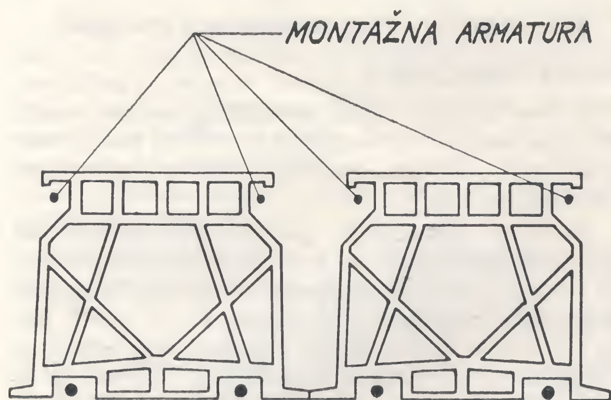
Pri sastavljanju montažnih gredica od pojedinih opeka dužine do 2,00 m nije potrebna montažna armatura, dok se za gredice dužine do 3,00 m mora postaviti montažna armatura ∅ 3 mm (paljena žica). Ako je dužina gredica veća od 4,00 m treba postaviti montažnu armaturu ∅ 5 mm.

Za konstrukcije raspona većih od $l_s = 5{,}00$ m preporučljivo je da se upotrebe montažne gredice dužine približno pola raspona i predvidi izvedbu spojnog armiranog betonskog rebra približno u sredini raspona, zbog usidrenja armature gredica. Pri tom armatura montažnih gredica mora biti dovoljna za fazu montaže (tj. za vlastitu težinu + 50 kg/m²), i to za montažni raspon gredica.

Ostala potrebna armatura za konačnu fazu, tj. za cijeli raspon, postavlja se u punoj dužini u beton međuprostora između montažnih elemenata. Armatura koja se postavlja u punoj dužini mora iznositi barem 50% od ukupne potrebne armature.



*Sl. 1*




Sl. 2

Spojno rebro mora biti u visini ploče (zajedno s cementnim namazom). Širina spojnog rebra mora biti minimalno 20 cm. Ono mora biti armirano uzdužnom armaturom od 4 ∅ 6 mm, odnosno armaturom jednog nosećeg elementa ploče. Spojno rebro betonira se zajedno i s istim betonom kao i rebra međuprostora između montažnih elemenata. Svi radovi za ispunjavanje šupljine među montažnim elementima moraju se izvoditi bez prekida, tako, da pojedine partije stropa, zajedno s pripadajućim serklažama, gredama i namazom, budu potpuno dovršene u jednoj radnoj etapi.

Montažne gredice treba izrađivati s nadvišenjem 1/300 dužine, zbog progiba gotove konstrukcije pod opterećenjem.

Lagane razdjelne stijene od raznih materijala, kao što su stijene od gipsa, drvolita, lake šuplje opeke debljine do 7 cm itd. smatraju se, prema stvarnoj procjeni težine, dodatkom pokretnom (korisnom) opterećenju stropa.

Ako je omjer stalnog i ukupnog opterećenja do g/q = 0,80, u statičkom računu kontinuiranih ploča uzima se za određivanje veličina maksimalnih momenata u pojedinim presjecima puno opterećenje, ako je taj omjer manji od 0,80, mora se uzeti u obzir i uticaj pokretnog opterećenja.

Stoji li na ploči u smjeru glavne armature razdjelni zid — za statičku sudjelujuću širinu ploče, koja nosi zid, uzima se $b_s = 0{,}577\ l$ (Kasal). Veličina maksimalnog momenta za slobodno položenu ploču uzima se:

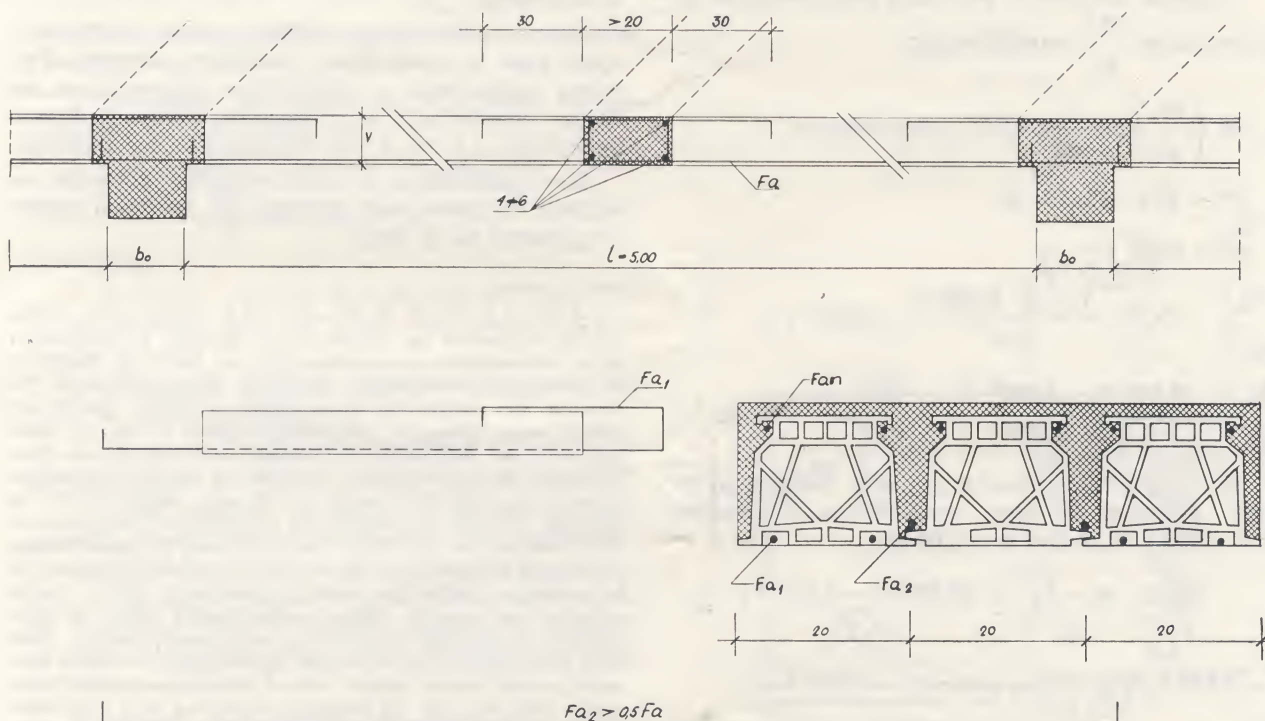
$$M_x = 0{,}116\ l^2 (q_1 + q_2 \cdot b_x),$$

gdje je $q_1$ težina zida po 1 m i $q_2$ opterećenje same ploče.

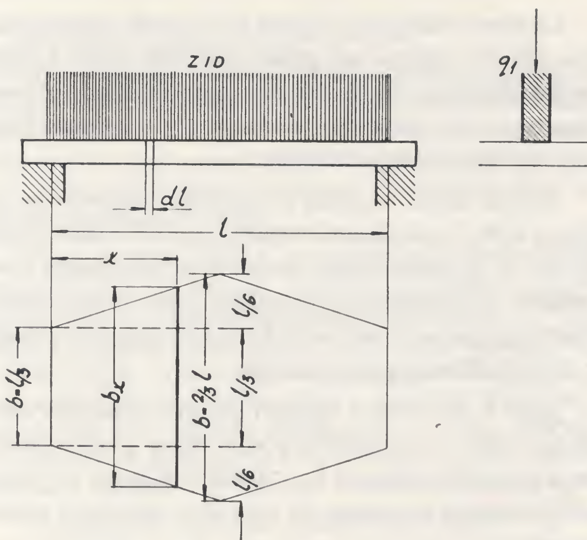
Dio ploče ispod zida treba računati kao nosioca čija širina varira od $b = 1/3\ l$ do $b = 2/3\ l$

Za proizvoljni presjek u udaljenosti x od ležaja, moment savijanja je:

$$M_x = q_1 \cdot \frac{l}{2} \cdot x - \frac{q_1 x^2}{2} = \frac{q_1}{2} (lx - x^2)$$




Sl. 3




*Sl. 4*

Širina ploče na udaljenosti x od ležaja je:

$$b_x = \frac{l}{3} + \frac{lx}{\frac{3l}{2}} = \frac{l + 2x}{3}$$

$$\frac{M_x}{b_x} = \frac{\frac{q}{2}(lx - x^2)}{{}^1/_3 (l + 2x)}$$

Potrebna debljina ploče od armiranog betona definirana je jednadžbom $h = r \sqrt{\frac{M_x}{b_x}}$

Najveća debljina h potrebna je u presjeku x u kojem izraz $\frac{M_x}{b_x}$ je maksimalan.

$$d \left(\frac{M_x}{b_x}\right) \cdot \frac{1}{dx} = O \text{ — derivacijom}$$

$$l^2 - 2lx - 2x^2 = \varnothing$$

$$x = 0{,}366\ l$$

$$b_x = \frac{l + 2 \cdot 0{,}366\ l}{3} = 0{,}577\ l \text{ i}$$

$$\frac{M_x}{b_x} = \frac{0{,}366\ l^2 - 0{,}366^2\ l^2}{l + 2 \cdot 0{,}366\ l} \cdot \frac{3q_1}{2} = 0{,}201\ q_1\ l.$$

$q_2$ u kg/m² je opterećenje ploče, izuzevši težinu zida. Moment od toga opterećenja u presjeku $x = 0{,}366\ l$ na širinu $b$ — 1,00 m.

$$\frac{M_x}{b_x} = \frac{q_2 \cdot b_x}{b_x} \cdot \frac{(0{,}366\ l^2 - 0{,}134\ l^2)}{2} =$$

$= 0{,}116\ q_2 l^2$ za širinu ploče $b_x = 0{,}577\ l$

$$\frac{M_x}{b_x} = 0{,}201\ q_1 \cdot l + 0{,}116\ q_2 l^2.$$

$$M_x = 0{,}201\ q_1 \cdot l \cdot b_x + 0{,}116\ q_2 \cdot l^2 \cdot bx =$$

$$= 0{,}116\ l^2\ (q_1 + q_2 b_x).$$

U tom slučaju visina cementnog namaza mora biti minimalno 3 cm na širini $b = {}^2/_3\ l$ s razdjelnom armaturom (okomito na smjer glavne armature) 5 ∅ 5mm na 1 m.

Pokusno opterećenje gotovih konstrukcija od armirane opeke mora se provesti u slučaju potrebe po postupku koji je objelodanio Ing. B. Furundžić (francuska metoda), »Izgradnja« br. 3—1949, str. 23. Sumnjivi konstruktivni elementi opterećuju se ukupnim opterećenjem iz statičkog računa, tj. sa $q = g + p$. Opterećuje se obavezno u 4 faze i to:

I faza opterećenja $g + \frac{p}{4}$. Mjerenje veličine progiba obavlja se odmah poslije nanošenja opterećenja i poslije 24 sata. II faza opterećenja $g + \frac{p}{2}$. III faza opterećenja $g + {}^3/_4\ p$. Mjerenja pogiba za II i III kao pod I. IV faza opterećenja $g + p$. U ovoj fazi mjerenje progiba obavlja se poslije nanošenja opterećenja, nakon 24 sata i nakon 4 × 24 sata.

Na osnovu obavljenih mjerenja utvrđuje se: da li je progih (a) poslije rasterećenja konstrukcije od ukupnog pokusnog opterećenja p manji od ¹/₃ progiba (b) koji je izmjeren pod maksimalnim opterećenjem poslije 100 sati; da li je povećanje progiba u IV fazi manje ili jednako dvostrukom povećanju progiba u I i II fazi.

Ako su zadovoljeni uslovi pod 1 i 2 i ako se na konstrukciji u toku ispitivanja nisu pojavile nikakve nove pukotine, konstrukcija se može smatrati sigurnom.

Konstrukciju treba ispitivati samo s opterećenjem koje je predviđeno statičkim računom. Pokusna opterećenja s višestrukim opterećenjem su štetna: konstrukcija se prenapreže, stvara se zamor materijala, a s tim u vezi smanjuje se moć nošenja.

Kao praktičnija, u novije vrijeme, pokazala se metoda iz francuskih propisa za armirani beton (Reglement B. A. 60).*

* Izvod iz R. B. A. 60—7,3 i 7,4. Opterećenje treba staviti u fazama po četvrtinu od ukupne vrijednosti, i to u vremenskim razmacima koji su takvi da dođe do stabilizacije deformacija. Trajanje svakog od ovih intervala ne smije biti ni u kojem slučaju manje od četvrt sata. Ukupno opterećenje držat će se na konstrukciji sve dok se ne konstatira stabilizacija na dijagramima za registriranje progiba, no trajanje te stabilizacije ne može biti manje od 24 sata. Rasterećenje se obavlja također po fazama sa bilježenjem odgovarajućih djelomičnih progiba i stabiliziranog progiba nakon konačnog rasterećenja. Pri prvoj primjeni opterećenja i računskog dodatnog tereta, dozvoljeno je da trajni stabilizirani progib nakon rasterećenja bude najviše jednak ¹/₅ progiba izmjerenog pod opterećenjem. Ako nije tako, obavit će se drugo opterećenje, a trajni (zaostali) stabilizirani progib nakon novog rasterećenja ne smije biti veći od ¹/₁₀ progiba mjerenog pod opterećenjem. Međutim, drugi pokus obavit jedino onda ako je apsolutna vrijednost ukupnog progiba izmjerenog pri prvom opterećenju veća od ¹/₁₀₀₀ raspona.

Kao baza za preračunavanje složenog presjeka konstrukcija od opeka, sastavljenog od različitog materijala, uzeta je teorija prof. Lolajta — SSSR. Po toj metodi proračunavanje elemenata na savijanje ne obavlja se prema dopuštenim naponima, nego prema opterećenju pri slomu; pri tom se (stadij III) ne uzima u obzir otpornost materijala na vlačne napone.

Ideja proračunavanja po stadiju sloma povezana je s određenim koeficijentom sigurnosti, čvrstoće i stabilnosti i stabilnosti konstrukcije tj. s onim brojem kojim treba množiti opterećenje, koje će stvarno djelovati na element konstrukcije, da bi taj bio doveden do sloma. Pri tom se smatralo za anizotropni materijal konstrukcija od opeka, da je bitnije znati s kakvom rezervnom sigurnosti će raditi element kao cjelina pod zadanim opterećenjem, nego poznavati napone koji će se u njemu javiti, u svakom materijalu posebno. Osnovna je pretpostavka postupka, da u trenutku sloma elemenata napon armature dostiže granicu plastičnosti, a napon u opeci, betonu i cementnom mortu postaje jednak graničnoj tlačnoj čvrstoći elemenata.

Koeficijent sigurnosti morao se odrediti na bazi rezultata pokusa. Institut građevinarstva Hrvatske tokom 1958—59. ispitao je do sloma, odnosno do pojave većih pukotina, niz elemenata od opeke visine 8, 12, 14, 16 i 20, za određivanje koeficijenta sigurnosti. Koeficijent sigurnosti kretao se između 1,74 i 2,44; usvojena je prosječna sigurnost K = 2,00.

Kao baza za teoriju proračunavanja uzete su Lolejtove pretpostavke za proračunavanje elemenata od armiranog betona, i to:

1. Odustajanje od broja $n = \frac{E_a}{E_b}$

2. Odustajanje od Navier-Bernoullijeve hipoteze ravnih presjeka.

3. Usvajanje krivolinijskog dijagrama tlačnih napona u presjeku elementa.

4. Za proračun elemenata na savijanje vrijedi formula $M \leq \frac{Msl}{K}$, gdje je k — ukupni koeficijent sigurnosti.

5. Granična čvrstoća na tlak kod savijanja složenog presjeka (određena na bazi pokusa) $R_{sav} = 150$ kg/cm².

6. Otpornost složenog presjeka na vlačne napone ne uzima se u obzir.

7. Granica plastičnosti armature ČN 25 uzeta je 2500 kg/cm² i ČN 35 — sa 3500 kg/cm².

8. Izvod osnovnih formula za ploče pravokutnih presjeka izvodi se iz uslova ravnoteže vanjskih i unutarnjih sila u trenutku sloma elementa; pri tom u formule ulaze granična čvrstoća složenog presjeka na savijanje ($R_{sav}$) i granica plastičnog istezanja armature ($\sigma_{pl}$). Sam izvod osnovnih formula obavlja se na osnovu slika 5 i 6.

Iz uslova ravnoteže horizontalnih sila slijedi:

$$D = Z = F_a \cdot \sigma_{pl}.$$

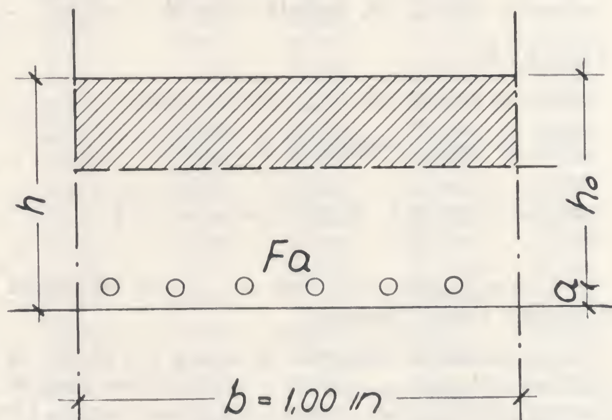
Uslov ravnoteže momenata vanjskih i unutrašnjih sila daje:

$$M_{sl} = D \cdot z = Z \cdot z.$$

Prema slici 5: visina dijagrama pritiska $x = \xi \cdot h_o$ udaljenost tlačne sile od ruba presjeka je $\gamma \cdot \xi \cdot h_o$; srednja vrijednost tlačnih napona u presjeku iznosi $\omega R_{sav}$.

$\xi$ = koeficijent koji određuje položaj neutralne osi pri slomu.

$\omega$ = koeficijent veličine ordinata u dijagramu tlačnih napona $D = \omega R_{sav} \cdot \xi \cdot h_o \cdot b = Z = F_a \cdot \sigma_{pl}$.




*Sl. 5*

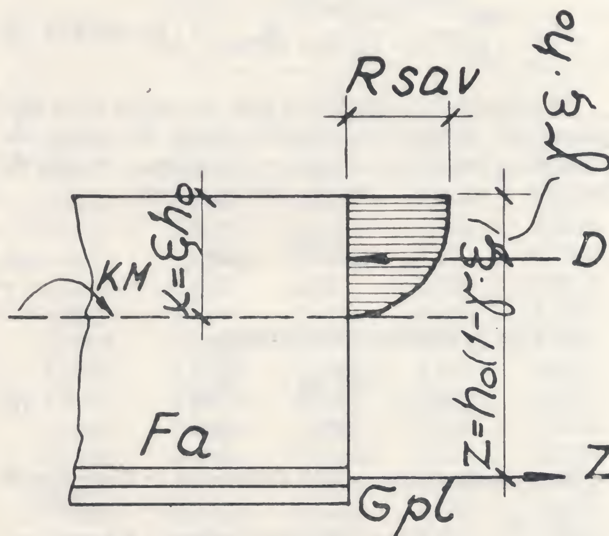
Iz ove jednadžbe dobiva se:

$$\xi \cdot \omega = \frac{F_a \cdot \sigma_{pl}}{R_{sav} \cdot b \cdot h_o} \quad (1)$$

Ako se uzme da je:

$$\mu = \frac{F_a}{b \cdot h_o}$$

$$\xi \cdot \omega = \frac{\sigma_{pl} \cdot \mu}{R_{sav}} \quad (2)$$




*Sl. 6*

Izraz $\frac{\sigma_{pl} \cdot \mu}{R_{sav}} = \alpha$ — zove se karakteristikom presjeka.

$$\alpha = \xi \cdot \omega = \frac{F_a \cdot \sigma_{pl}}{R_{sav} \cdot b \cdot h_o} = \frac{\sigma_{pl} \cdot \mu}{R_{sav}} \quad (3)$$

Iz uvjeta ravnoteže momenata može se postaviti jednadžba:

$$M_{sl} = D \cdot z = \omega \cdot R_{sav} \cdot \xi h_o \, b \, z$$

$$Z = h_o - \gamma \cdot \xi \cdot h_o = h_o (1 - \gamma \cdot \xi)$$

$$i \; x = \xi \cdot h_o$$

$$M_{sl} = \omega \cdot \xi \, h_o^2 \cdot b \cdot R_{sav} \; (1 - \gamma \cdot \xi).$$

Ako se uvrsti vrijednost $\omega \cdot \xi = \alpha$

$$M_{sl} = \alpha \cdot b \cdot h_o^2 \cdot R_{sav} \left( 1 - \frac{\gamma}{\omega} \cdot \alpha \right).$$

$\gamma$ i $\omega$ su koeficijenti koji su zavisni od oblika dijagrama tlačnih napona.

Za pravokutni dijagram je $\omega = 1$ i $\gamma = 1/2$, za trokutni dijagram $\omega = 1/2$ i $\gamma = 1/3$; prema tome za krivolinijski dijagram vrijednosti $\omega$ leže između 1,0 i 0,5, a za $\gamma$ između 0,5 i 0,33.

Vrijednost izraza $\frac{\gamma}{\omega}$, koja se zove karakteristikom tlačne zone presjeka, kreće se, dakle, između 0,50 i 0,67.

$$0{,}50 < \frac{\gamma}{\omega} < 0{,}67.$$

Za krivolinijski dijagram, koji odgovara liniji kubne parabole, bit će vrijednost $\frac{\gamma}{\omega} = 0{,}53$ (kao za armirani beton). Ako se ova vrijednost uvrsti u formulu, dobiva se:

$$M = \frac{M_{sl}}{K} = \frac{b \cdot ho^2}{K} \cdot R_{sav} \cdot \alpha \cdot (1 - 0{,}53\,\alpha) \quad (4)$$

Ova formula vrijedi sve dok se tlačna zona elementa ne počne drobiti prije nego što dođe do plastičnog istezanja armature. Iz pokusa se zna da do toga neće doći ako je održan uvjet:

$$\alpha = \mu \frac{\sigma pl}{R_{sav}} \leqslant 0{,}5 \quad (5)$$

ili dok je površina armature:

$$F_a \leqslant \frac{b \cdot ho}{2} \cdot \frac{R_{sav}}{\sigma pl} \quad (6)$$

Sa vrijednosti $\alpha = 0{,}50$ dobiva se iz formule (4)

$$\frac{M \cdot K}{b \cdot ho^2 \cdot R_{sav}} = 0{,}5 \cdot (1 - 0{,}53 \cdot 0{,}50) = 0{,}3675 \quad (7)$$

Maksimalna količina armature u % zavisna je od vrste čelika i čvrstoće složenog presjeka, a određuje se transformiranom formulom (5):

$$\mu = \frac{R_{sav}}{2\,\sigma pl}$$

Minimalna količina armature je isto tako zavisna od čvrstoće složenog presjeka. Minimalne vrijednosti armature uvjetovane su uslovom, da poslije pojave pukotina u vlačnoj zoni konstrukcije, koja je izložena savijanju, može podnijeti onaj momenat, koji ne smije biti manji od momenta što ga može podnijeti nearmirana konstrukcija iste visine prije pojave pukotina.

Za dimenzioniranje ploča pravokutnog presjeka s unaprijed određenim koeficijentom sigurnosti K mora se postaviti veza između zadanog momenta savijanja i momenta sloma.

$$M = \frac{M_{sl}}{K}, \text{ odnosno } K = \frac{M_{sl}}{M}.$$

Iz formule (4):

$$M = \frac{M_{sl}}{K} = \frac{b \cdot ho^2}{K} \cdot R_{sav} \cdot \alpha \cdot (1 - 0{,}53\alpha)$$

dobiva se statička visina presjeka:

$$ho = \sqrt{\frac{K}{\alpha \cdot (1 - 0{,}53\alpha) R_{sav}}} \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} = C \sqrt{\frac{M}{b}} \quad (8)$$

Količina armature može se dobiti iz formule:

$$F_a = \mu \cdot b \cdot ho \quad (9)$$

Koeficijent C zavisi samo od koeficijenta armiranja, od vrste čelika i čvrstoće složenog presjeka.

Prema formuli (8) moment savijanja iznosi:

$$M = \frac{b \cdot ho^2}{C^2}, \text{ ili ako se stavi } \frac{1}{C^2} = S$$

$$M = S \cdot b \cdot ho^2 \quad (10)$$

Presjek vlačne armature može se odrediti i iz uvjeta:

$$K \cdot M = F_a \cdot \sigma_{pl} \cdot z \text{ ili}$$

$$F_a = \frac{K \cdot M}{\sigma_{pl} \cdot z} \quad (11)$$

ako je

$$z = h_o \cdot (1 - 0{,}53\alpha) = t \cdot h_o \quad (12)$$

Za moment početka plastičnog istezanja tj. $\sigma_{pl} = 2500$ kg/cm$^2$ i $\alpha = \mu \frac{\sigma_{pl}}{R_{sav}}$

$$z = h_o \left[ 1 - \frac{\mu \cdot 2500 \cdot 0{,}53}{R_{sav}} \right] =$$

$$= h_o \left( 1 - \frac{1325\mu}{R_{sav}} \right) \quad (13)$$

U normalnim uvjetima i za čelik Če 37 može se uzeti a je $z = {}^7/_8\, h_0$, tako da formula (11) glasi:

$$F_a = \frac{K \cdot M}{{}^7/_8\, h_0\, \sigma_{pl}} = \frac{8KM}{7\, h_0\, \sigma_{pl}} \qquad (14)$$

Za dimenzioniranje ploča od arm. opeke na savijanje, na bazi prelomne teorije (prof. Lolejt) sastavljene su tablice, i to posebno za Če 37 i Če 52. Vrijednosti C, S i t dobivene su iz formula:

$$h_0 = \sqrt{\frac{K}{\alpha\,(1 - 0{,}53\alpha)\, R_{sav}}} \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} = C\sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$S = \frac{1}{C^2}$$

$z = h_0\,(1 - 0{,}53\alpha) = t \cdot h_0.$

Vrijednosti:

$\mu = 0{,}003 - 0{,}045$

$\sigma_{pl} = 2500$ kg/cm² — za ČN 25

$\sigma_{pl} = 3600$ kg/cm² — za ČN 35

$k = 2$

$R_{sav} = 151{,}4$ kg/cm², određeno na bazi pokusa

$$\alpha = \mu\, \frac{2500}{151{,}4} = 16{,}51\, \mu,$$

odnosno:

$$\alpha = \mu\, \frac{3600}{151{,}4} = 23{,}78\, \mu.$$

Literatura: »Konstrukciji iz željezo-betona« — Prof. Lolejt, Moskva 1914. »Eisenbeton« — Prof. Saliger. »Praktische statik« — Prof. Saliger. »Uvod u teoriju armiranog betona« — Prof. Stoljarov (prijevod 1949). »Željezobetonie konstrukciji« — Prof. Sahnovski, Moskva 1959. »Željezobeton u teoriji i praksi« — Ing. Kasal.

Tabela za dimenzioniranje

$\sigma_v \geqslant 2500$ kg/cm² : ČN 25

| μ | α | C | S | t |
|---|---|---|---|---|
| 0,0010 | 0,0165 | 0,898 | 1,242 | 0,991 |
| 0,0012 | 0,0198 | 0,821 | 1,485 | 0,989 |
| 0,0014 | 0,0231 | 0,762 | 1,725 | 0,988 |
| 0,0016 | 0,0264 | 0,710 | 1,983 | 0,986 |
| 0,0018 | 0,0297 | 0,674 | 2,210 | 0,984 |
| 0,0020 | 0,0330 | 0,639 | 2,462 | 0,983 |
| 0,0025 | 0,0413 | 0,572 | 3,062 | 0,978 |
| 0,0030 | 0,0495 | 0,523 | 3,649 | 0,974 |
| 0,0035 | 0,0578 | 0,486 | 4,242 | 0,969 |
| 0,0040 | 0,0660 | 0,455 | 4,821 | 0,965 |
| 0,0045 | 0,0745 | 0,430 | 5,412 | 0,961 |
| 0,0050 | 0,0830 | 0,408 | 6,010 | 0,956 |
| 0,0055 | 0,091 | 0,392 | 6,543 | 0,952 |
| 0,0060 | 0,099 | 0,375 | 7,109 | 0,948 |
| 0,0065 | 0,107 | 0,362 | 7,632 | 0,943 |
| 0,0070 | 0,116 | 0,348 | 8,245 | 0,939 |
| 0,0075 | 0,124 | 0,338 | 8,780 | 0,934 |
| 0,0080 | 0,132 | 0,328 | 9,293 | 0,930 |
| 0,0090 | 0,149 | 0,310 | 10,395 | 0,921 |
| 0,0100 | 0,165 | 0,297 | 11,380 | 0,913 |
| 0,011 | 0,182 | 0,283 | 12,450 | 0,904 |
| 0,012 | 0,198 | 0,273 | 13,420 | 0,895 |
| 0,013 | 0,215 | 0,264 | 14,380 | 0,886 |
| 0,014 | 0,231 | 0,255 | 15,360 | 0,878 |
| 0,015 | 0,248 | 0,250 | 16,340 | 0,869 |
| 0,016 | 0,264 | 0,242 | 17,110 | 0,860 |
| 0,017 | 0,281 | 0,235 | 18,100 | 0,851 |
| 0,018 | 0,297 | 0,229 | 18,940 | 0,843 |
| 0,019 | 0,314 | 0,225 | 19,800 | 0,834 |
| 0,020 | 0,330 | 0,220 | 20,610 | 0,825 |
| 0,021 | 0,347 | 0,216 | 21,420 | 0,816 |
| 0,022 | 0,363 | 0,212 | 22,190 | 0,808 |
| 0,023 | 0,379 | 0,208 | 22,930 | 0,799 |
| 0,024 | 0,396 | 0,205 | 23,690 | 0,790 |
| 0,025 | 0,413 | 0,203 | 24,450 | 0,781 |
| 0,026 | 0,429 | 0,199 | 25,125 | 0,773 |
| 0,027 | 0,445 | 0,197 | 25,773 | 0,764 |
| 0,028 | 0,462 | 0,195 | 26,455 | 0,755 |
| 0,029 | 0,479 | 0,192 | 27,10 | 0,746 |
| 0,030 | 0,495 | 0,190 | 27,70 | 0,737 |
| 0,031 | 0,5118 | 0,188 | 28,25 | 0,728 |
| 0,032 | 0,528 | 0,186 | 28,818 | 0,720 |
| 0,033 | 0,545 | 0,184 | 29,412 | 0,711 |
| 0,034 | 0,561 | 0,1830 | 29,831 | 0,703 |
| 0,035 | 0,578 | 0,1815 | 30,395 | 0,694 |
| 0,036 | 0,595 | 0,181 | 30,864 | 0,685 |
| 0,037 | 0,611 | 0,179 | 31,300 | 0,676 |
| 0,038 | 0,6274 | 0,178 | 31,746 | 0,667 |
| 0,039 | 0,6439 | 0,1765 | 32,150 | 0,658 |
| 0,040 | 0,660 | 0,175 | 32,57 | 0,650 |
| 0,041 | 0,677 | 0,174 | 32,90 | 0,641 |
| 0,042 | 0,693 | 0,1733 | 33,67 | 0,639 |
| 0,043 | 0,709 | 0,1727 | 33,50 | 0,624 |
| 0,044 | 0,726 | 0,1720 | 33,82 | 0,615 |
| 0,045 | 0,743 | 0,1713 | 34,19 | 0,606 |

Tabela za dimenzioniranje

$\sigma_v \geqslant 3500$ kg/cm² ČN 35

| μ | α | C | S | t |
|---|---|---|---|---|
| 0,0010 | 0,0238 | 0,750 | 1,775 | 0,9874 |
| 0,001 | 0,0262 | 0,715 | 1,950 | 0,9861 |
| 0,0012 | 0,0286 | 0,684 | 2,135 | 0,9848 |
| 0,0013 | 0,0309 | 0,660 | 2,300 | 0,9836 |
| 0,0014 | 0,0333 | 0,636 | 2,470 | 0,9823 |
| 0,0015 | 0,0357 | 0,615 | 2,655 | 0,9811 |
| 0,0016 | 0,0380 | 0,595 | 2,825 | 0,9799 |
| 0,0017 | 0,0405 | 0,578 | 3,001 | 0,9785 |
| 0,0018 | 0,0428 | 0,562 | 3,162 | 0,9773 |
| 0,0019 | 0,0452 | 0,546 | 3,344 | 0,9760 |
| 0,0020 | 0,0475 | 0,532 | 3,533 | 0,9748 |
| 0,0025 | 0,0594 | 0,4765 | 4,405 | 0,9685 |
| 0,0030 | 0,0713 | 0,437 | 5,236 | 0,9622 |
| 0,0035 | 0,0832 | 0,405 | 6,067 | 0,9559 |
| 0,0040 | 0,0951 | 0,385 | 6,849 | 0,9496 |
| 0,0045 | 0,1070 | 0,361 | 7,692 | 0,9433 |

| $\mu$ | $\alpha$ | C | S | t |
|---|---|---|---|---|
| 0,0050 | 0,1189 | 0,343 | 8,474 | 0,9370 |
| 0,0055 | 0,1307 | 0,328 | 9,259 | 0,931 |
| 0,0060 | 0,1426 | 0,315 | 10,101 | 0,924 |
| 0,0065 | 0,1545 | 0,305 | 10,775 | 0,918 |
| 0,0070 | 0,1664 | 0,2945 | 11,534 | 0,9118 |
| 0,0075 | 0,1783 | 0,286 | 12,224 | 0,9055 |
| 0,0080 | 0,190 | 0,277 | 13,021 | 0,8993 |
| 0,0085 | 0,202 | 0,269 | 13,679 | 0,893 |
| 0,0090 | 0,214 | 0,264 | 14,409 | 0,8865 |
| 0,0095 | 0,2258 | 0,257 | 15,151 | 0,880 |
| 0,010 | 0,2377 | 0,251 | 15,847 | 0,874 |
| 0,011 | 0,2614 | 0,241 | 17,181 | 0,861 |
| 0,012 | 0,2852 | 0,234 | 18,348 | 0,849 |
| 0,013 | 0,3090 | 0,226 | 19,560 | 0,836 |
| 0,014 | 0,3328 | 0,220 | 20,790 | 0,8237 |
| 0,015 | 0,3566 | 0,213 | 22,075 | 0,811 |
| 0,016 | 0,380 | 0,208 | 22,988 | 0,799 |
| 0,017 | 0,4041 | 0,204 | 24,038 | 0,786 |
| 0,018 | 0,4279 | 0,1969 | 25,770 | 0,773 |
| 0,019 | 0,4516 | 0,1959 | 26,041 | 0,760 |
| 0,020 | 0,4754 | 0,1925 | 26,954 | 0,748 |
| 0,021 | 0,4992 | 0,1889 | 28,011 | 0,735 |
| 0,022 | 0,523 | 0,1867 | 28,653 | 0,723 |
| 0,023 | 0,5467 | 0,1845 | 29,411 | 0,710 |
| 0,024 | 0,571 | 0,183 | 30,03 | 0,6974 |
| 0,025 | 0,5943 | 0,180 | 30,864 | 0,6852 |

Težina ploča od arm. opeke bez cementnog namaza, zajedno s armaturom, mortom za ispunu donjih žljebova i betonom spojnih rebara po 1 m² tlocrtne površine iznosi:

| | | |
|---|---|---|
| opeka | 5 | 40 kg/m² |
| „ | 8 | 100 „ |
| „ | 12 | 130 „ |
| „ | 16 | 200 „ |
| „ | 20 | 240 „ |

Navedene težine odnose se na priložene vrste opeke, bez obzira na to da li je ploča sastavljena od samih nosivih elemenata ili od kombinacije nosivih i nenosivih elemenata.

Primjeri dimenzioniranja

Primjer 1: Za ploču imamo M = 470 kgm, b = = 100 cm, ČN 25.

traži se: d i Fa s koeficijentom armiranja $\mu = 0{,}0055$.

Iz tabele nađemo:

$$ho = 0{,}392 \cdot \sqrt{\frac{47000}{100}} = 8{,}5 \text{ cm}$$

sa $\mu = 0{,}006$:

$$ho = 0{,}375 \cdot \sqrt{\frac{47000}{100}} = 8{,}10 \text{ cm}$$

d = 8,5 + 1,5 = 10,0 cm, odnosno d' = 8,1 + 1,5 = 9,6 cm

$$Fa = 0{,}0055 \cdot 100 \cdot 8{,}5 = 4{,}67 \text{ cm}^2, \text{ ili}$$
$$Fa = 0{,}006 \cdot 100 \cdot 8{,}1 = 4{,}86 \text{ cm}^2.$$

Primjer 2: Za ploču imamo: M = 1050 kgm, ČN 25, d = 14 cm, ho = 12,5 cm, b = 100 cm.

Traži se Fa:

$$C = \frac{12{,}5}{\sqrt{\frac{105000}{100}}} = \frac{12{,}5}{32{,}4} = 0{,}386.$$

Prema tablici odgovara $\mu = 0{,}0057$
$Fa = 0{,}0057 \cdot 100 \cdot 12{,}5 = 7{,}13 \text{ cm}^2$.
Armaturu se može odrediti i neposredno:

$$Fa = \frac{8 \cdot 2 \cdot 105000}{7 \cdot 2500 \cdot 12{,}5} = 7{,}68 \text{ cm}^2.$$

Prema klasičnoj teoriji imali bismo:

$r = 0{,}386$ sa $\sigma = 55/1500$ kg/cm² za MB 160

$$Fa = 0{,}00189 \cdot 100 \cdot 1050 = 6{,}12 \text{ cm}^2.$$

Primjer 3: Zadano je ČN 25, b = 100 cm, ho = = 12,5 cm i Fa = 7,68 cm².

Traži se maksimalni moment M.

$$\mu = \frac{7{,}68}{100 \cdot 12{,}5} = 0{,}00615$$ — tome odgovara u tablici s linearnom interpolacijom S = = 7,266.

$$M = S \cdot b \cdot ho^2 = 7{,}266 \cdot 100 \cdot 12{,}5^2 = 113500 \text{ kgcm} = 1135 \text{ kgm}.$$

Primjer 4: Zadano M = 1050 kgm, ČN 25, b = = 100 cm, ho = 12,5 cm i Fa = 7,68 cm².

Traži se koeficijent sigurnosti K.

$$\mu = \frac{7{,}68}{100 \cdot 12{,}5} = 0{,}00615$$ — iz tablice odgovara S = 7,266.

Dopušteni moment iznosi:

$$M_d = 7{,}266 \cdot 1{,}0 \cdot 12{,}5^2 = 1135 \text{ kgm}.$$

Momenat sloma iznosi:

$$M_{gl} = 2 \cdot 1135 = 2270 \text{ kgm}.$$

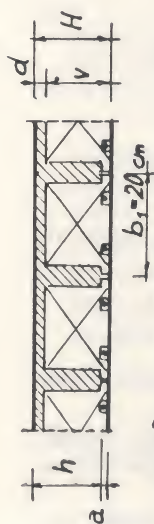
Stvarni koeficijent sigurnosti:

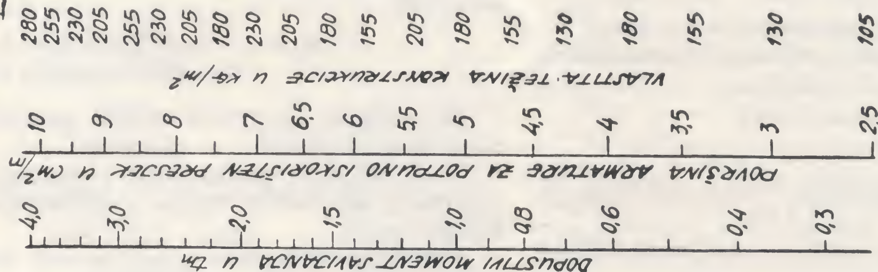
$$K = \frac{M_{gl}}{M} = \frac{2270}{1050} = 2{,}16.$$

Primjer 5: Zadano: M = 2150 kgm, ČN · 25, b = = 100 cm, ho = 20,5 cm.

Traži se d i Fa.

$$C = \frac{20{,}5}{\sqrt{\frac{215000}{100}}} = 0{,}440$$ — iz tabele tome odgovara




uz $\sigma_{r\,op} = 55$ kg/cm² i $\sigma_a = 1700$ kg/cm²

$n = 10$

STALNI TERET + POKRETNO OPTEREĆENJE $q' = 500$ kg/m²

($q' \div 500$ BEZ VLASTITE TEŽINE)

UKUPNA DEBLJINA KONSTRUKCIJE H u cm

RASPON $l$ u m

$M = \frac{1}{m} q l^2$

Sl. 7

$\mu = 0{,}0043$ i $t = 0{,}962$, $z = t \cdot ho = 0{,}962 \cdot 20{,}5 = 19{,}7$ cm,

$$Fa = \frac{K \cdot M}{\sigma_{pl} \cdot z} = \frac{2 \cdot 215000}{2500 \cdot 19{,}7} = 8{,}73 \text{ cm}^2$$

ili

$$Fa = 0{,}0043 \cdot 100 \cdot 20{,}5 = 8{,}80 \text{ cm}^2.$$

*Dimenzioniranje presjeka prema klasičnoj metodi (prema dopuštenim naponima) na bazi sličnosti s armiranim betonom MB 160.*

Dijagram je izrađen uz pretpostavku dozvoljenog rubnog napona opeke, odnosno betona (sl. 7):

dop $\sigma op$ = dop $\sigma rb$ = 55 kg/cm²

i dozvoljenog napona čelika ČN 25:

dop $\sigma a$ = 1700 kg/cm².

Pretpostavljen je razmak težišta armature od donje površine opeka: a = 1,5 cm.

Uzeto je da je odnos modula elastičnosti čelika i betona, odnosno opeke:

$$n = 10$$

$$M_{dop} = \frac{h^2 \cdot 100}{0{,}402^2} = 617 \cdot h^2 = 617\ (H\text{-}a)^2.$$

S druge strane je:

$$M = \frac{1}{m}\, q\, l^2 = \frac{1}{m}\, (g + q') \cdot l^2$$

gdje je:

g = vlastita težina konstrukcije

q' = stalno opterećenje i uporabno opterećenje.

Upotrebljeno je logaritamsko mjerilo za obje osi. Na osi X naneseni su rasponi za slučaj slobodno položene ploče, a na osi Y vrijednosti $M_{dop}$, koja je zamijenjena sa tom momentu odgovarajućom visinom konstrukcije (H).

Na istoj ordinati čita se i potrebna armatura na 1 m, te vlastita težina konstrukcije.

Potrebna visina konstrukcije pročita se na sjecištu vertikale kroz zadani raspon (l) i linije (q').

Za slučaj da su jedan ili oba kraja ploče djelomično ili potpuno upeti, dodan je na dnu pomoćni dijagram za razne slučajeve upetosti krajeva sa:

$$M = 8 \text{ do } 16\ (M = \frac{1}{m}\, q\, l^2).$$

Radi se tako da se vertikalna linija polaže kroz sjecište linije l/m i kosih linija na kojima su upisani rasponi, a dalje se postupa na isti način, tj. vertikala se produžuje do linije (q') i tu pročita potrebna visina konstrukcije.

Uz potrebnu visinu može se na desnoj strani pročitati i potrebna armatura po 1 m, no ta armatura je ispravna samo za slučaj kada je uzeta stvarno potrebna visina. Često je potrebno uzeti visinu veću od računski potrebne, a u tom slučaju vrijedi armatura pročitana za upravo potrebnu visinu, pomnoženu faktorom:

$$c = \frac{H \text{ potrebno}}{H \text{ odabrano}} \cdot \frac{q + \triangle g}{q}$$

gdje je:

$\triangle g$ = povećanje vlastite težine zbog većeg presjeka

ili se armatura proračuna iz poznatog momenta savijanja:

$$F_a = \frac{M}{1{,}7 \cdot (H\text{-}a) \cdot 0{,}919}$$

Za područje dijagrama važi da posmični napon ne prelazi vrijednost $\tau = 4{,}5$ kg/cm².

U površinu za preuzimanje posmičnih napona uračunati su: beton ispune i vertikalne stijene šupljih opeka.

Primjedba: Dijagram je već ispunio svrhu ako se njime mogu prethodno odrediti visina konstrukcije, a time i vlastita težina konstrukcije. Dalje je najbolje postupati na uobičajeni način — izračunati momente savijanja i potrebnu armaturu, s time da se prema dijagramu kontrolira da li je moment savijanja manji od dopustivog za odabranu visinu stropne konstrukcije.

*Primjeri za uporabu dijagrama*

1. Zadan je strop od armirane šuplje opeke, raspona $l_0 = 5{,}50$ m.

Opterećenje:

| | | |
|---|---|---|
| Parketni pod | 2,5 · 8 = | 20 kg/m² |
| Sloj lijevanog asfalta | 1,0 · 18 = | 18 kg/m² |
| Žbuka podgleda | 1,5 · 19 = | 29 kg/m² |
| Stalni teret: | g' = | 67 kg/m² |
| Uporabno | p = | 150 kg/m² |
| opterećenje: | q' = | 217 kg/m² |

Vlastita težina zavisi o odabranoj debljini stropa; očitamo je iz dijagrama.

Kako se radi o prosto položenoj ploči, dižemo vertikalu sa horizontalne linije u dnu dijagrama sa oznakom »1/8« do sjecišta sa kosom linijom q' = 217 kg/m² i očitamo potrebnu debljinu stropne konstrukcije:

$$H = 17 = 16 + 1 \text{ cm},$$

što znači upotrebu opeke visine 16 cm sa cementnim namazom debljine 1 cm.

Desno čitamo: vlastitu težinu stropne konstrukcije:

$$g = 180 \text{ kg/m}^2$$

i potrebnu armaturu:

$$F_{ap} = 6{,}2 \text{ cm}^2\text{/m}.$$

Kontrola rezultata:

$$q = 217 + 180 = 392 \text{ kg/m}^2$$

$M = 1/8\ 397 \cdot 5{,}50^2 = 1507$ kgm, što se dobro slaže sa vrijednošću pročitanom na desnoj strani dijagrama: $M_{dop} = 1{,}51$ tm.

Za rubni napon betona odnosno opeke (bez odbitka šupljina)

$\sigma_{rop} = 55\ kg/cm^2$

i napon čelika:

$\sigma_a = 1700\ kg/cm^2$ je uz zadržavanje $n = 10 : r = 0{,}402$.

To je dopustivi moment savijanja: za $h = 17 - 1{,}5 = 15{,}5$ cm.

$M_{dop} = 148.700$ kg cm

Greška dijagrama iznosi:

$$\triangle = \frac{1507 - 1487}{1507}\ 100 = 1{,}3\%.$$

Potrebna armatura: $1 - s/3 = 0{,}919$.

$$F_a = \frac{1700 \cdot 15{,}5 \cdot 0{,}919}{148700} = 6{,}17\ cm^2/m'$$

Greška dijagrama iznosi:

$$\triangle = \frac{6{,}20 - 6{,}17}{6{,}20} \cdot 100 = 0{,}5\%.$$

Odabiremo: 5 $\phi$ 10 u žljebovima + 5 $\phi$ 10 u ispuni.

Za slučaj da zbog bilo kojeg razloga odaberemo neku veću visinu konstrukcije, uzmimo: H = 21 cm, smanjuje se rubni napon, a armaturu možemo izračunati na dva načina:

Za upravo potrebni presjek je:

$F_a = 6{,}2\ cm^2/m'$

$$\text{faktor: } c = \frac{H\ potr.}{H\ odabr.} \cdot \frac{q + \triangle g}{q} =$$

$$= \frac{17}{21} \cdot \frac{397 + 25}{397} = 0{,}86$$

pa je: $F_{ap} = 0{,}86 \cdot 6{,}2 = 5{,}4\ cm^2/m'$

$\triangle g$ je uzeto sa 25 kg/cm², jer je vlastita težina za H = 17 cm ... $g_{17} = 180\ kg/m^2$, a vlastita težina za H = 21 cm ... $g_{21} = 205$ . kg/m².

$\triangle g = 25\ kg/m^2$.

Ili na drugi način:

$q' = 217\ kg/m^2$

$g = 205\ kg/m^2$ (za H = 21 cm)

$q = 422\ kg/m^2$

$$M = \frac{1}{8}\ 422 \cdot 5{,}50^2 = 1595\ kgm$$

$$F_{op} = \frac{159500}{1700\ (21 - 1{,}5) \cdot 0{,}92} = 5{,}3\ cm^2$$

što se dobro podudara s rezultatom dobivenim po prvom načinu.

Odabiremo: 5 $\phi$ 8 u žljebovima + 5 $\phi$ 10 u ispuni.

Kod ovog primjera potrebno je, zbog velikog raspona, gredice izraditi u dva dijela (ta potreba nastaje već kod raspona od 4,6 m), stoga je dio armature smješten u žljebove u donjoj zoni, a drugi dio armature u beton ispune. Na taj način se u sredini raspona nastavljaju samo armature u žljebovima, dok se armature u betonu ispune između opeka polažu u cijelim komadima.

2. Konstruiranje kontinuiranog stropa od šuplje opeke

Opterećenje kao u primjeru 1 (+ tanko razdjelno zide)

Stalni teret : $g' = 67 + 100 = 167\ kg/m^2$

Uporabno opterećenje: $p = 150\ kg/m^2$

Ukupno, bez vlastite težine: $q' = 317\ kg/m^2$.

Uzevši u obzir adaptaciju momenata savijanja (Sahnovskij: Železobetonije konstrukciji — II prilog), računamo po slijedećoj shemi:

Polje A — B i C — D:

Sa sjecišta horizontalne linije, označene sa 1/10 i kose linije 5,0 (kose linije predstavljaju teoretske raspone) povučemo vertikalu do sjecišta sa linijom opterećenja $q' = 317\ kg/cm^2$.

U ovom slučaju sjecište se ne može naći jer pada u prostor gdje su moguća dva slučaja:

a) uzeti opeku visine 12 cm sa nadbetonom od skoro 5 cm, što nije za preporučiti, pa je i u dijagramu taj sloj nadbetona ograničen sa 3 cm.

b) uzeti opeku visine 16 cm sa namazom od cca ½ cm za izravnanje, koja, međutim, ima veću nosivost od potrebne, ali zato znatno manju vlastitu težinu od prve alternative.

Odlučujemo se za b) pa čitamo:

za $H = 16 + 0{,}5 = 16{,}5$ cm

vlastitu težinu konstr. $g = \dfrac{155 + 180}{2} = 168$ kg/cm².

(Po prvoj alternativi: $g = 255\ kg/m^2$!)

Ne računajući sa 0,5 cm betona, kao sa konstruktivnim nadbetonom, čitamo armaturu potrebnu za visinu 16 cm, i za potpuno iskorišten presjek (skala na desnoj strani dijagrama):

$$F_a = 5{,}8\ cm^2/m'.$$

Ta armatura je nešto veća od stvarno potrebne jer je i visina nešto veća od stvarno potrebne, ali je ostavljamo.

Odabiremo (5 $\phi$ 8 + 5 $\phi$ 10)

sa $F_{of} = 6{,}4\ cm^2/m'$

Kontrola:

$$\text{Max } M = \frac{1}{10}(317 + 168) \cdot 5{,}0^2 = 1{,}21\ tm$$

Po dijagramu je:

$M_{dop} = 1{,}32$ tm $M_{max}$ (za H = 16 cm)

$$F_{ap} = \frac{121000}{1700 \cdot (16 - 1{,}5) \cdot 0{,}919} = 5{,}14\ cm^2/m'$$

Polje B — C:

Ostavljamo istu visinu kroz sva 3 polja, iako je u srednjem polju moment znatno manji. U ovom slučaju najbolje je račun izvesti kako slijedi:

| | |
|---|---|
| Vlast. težina (kao u polju A—B) | $g = 168\ kg/m^2$ |
| Stalni teret i pokretno: | $q' = 317$ „ |
| Ukupno: | $q = 485\ kg/m^2$ |

$$M_{max} = + \frac{1}{16} 485 \cdot 5{,}0^2 = 0{,}76 \text{ tm}$$

$$M_{dop} = 1{,}32 \text{ tm}$$

$$F_{ap} = \frac{76000}{1700\,(16 - 1{,}5) \cdot 0{,}919} = 3{,}4 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$5 \phi 6 + 5 \phi 8$.

Ležaj B i C:

Vrijedi kao za presjek u polju A — B.

Potrebna armatura:

$F_a = 5{,}4$ cm²/m' (po tačnom računu).

Odabiramo:

5 $\phi$ 6 — to je armatura u gornjim žljebovima, koju preklapamo nad ležajem.

5 $\phi$ 12 — to je po 1 $\phi$ 12 u svaku betonsku ispunu u gornjoj zoni kao dodatna armatura.

Kod ovog primjera potrebno je, kao i u prethodnom primjeru, gredice izvesti iz dva dijela sa spojnom trakom u sredini raspona.

## *IV. Upute za izvedbu konstrukcije od armirane opeke*

Za izvedbu stropova od opeke mogu se upotrebiti samo ispravne opeke, koje nisu izvitoperene prilikom proizvodnje i koje nemaju pukotine ili oštećenja koja bitno smanjuju čvrstoću opeke. Naročitom pažnjom treba izabrati završne komade kod ležaja. Ovi komadi ne smiju imati pukotine.

Prije upotrebe tj. prije izrade gredica, opeke moraju biti provlažene. U tu svrhu treba opeke ostaviti u vodi najmanje 2 sata i upotrebiti ih neposredno nakon vađenja iz vode. Montažne grede treba izrađivati u hladovini, pod krovom, s nadvišenjem 1 : 300 dužine. Radi štednje prostora gradilišta, izrađuju se gredice jedna nad drugom do maksimalne visine od 5—10 redova. Prva se greda izrađuje na tvrdoj oplati. Pri izradi veće količine gredica, kao i pri izradi gredica za montažne svodove, preporuča se izraditi postolje s fiksiranim radijusom zakrivljenosti. Prva se sredina pokriva slojem sitnog vlažnog pijeska. Debljina sloja iznosi cca 1 cm. Pijesak se zaravna šablonom, koja ima istu zakrivljenost kao i podloga. Na takvim se slojevima pijeska izrađuju, na isti način, i ostale montažne grede, no pod uslovom da posljednja greda bude završena prije početka vezanja morta u donjim gredama.

Pri izradi montažnih greda polažu se opeke s gornjom stranom okrenutom prema dolje, da bi se vlačna armatura mogla postaviti u užljebine. Treba paziti na to da mort potpuno ispuni užljebine i da željezo bude u cijelosti obavijeno mortom. To se postizava na taj način da se željezo postavlja odmah u posve svježi mort, kojim je užljebina prethodno ispunjena, pa se polagano pomiće u uzdužnom smjeru amo-tamo, tako dugo dok željezo ne dođe približno u sredinu dubine užljebine. Željezo treba da je prekriveno slojem cementnog morta od najmanje 1 cm. Istodobno i na slični način i ispunjavaju se bočne užljebine i postavlja se montažna armatura.

Sudarne reške opeke moraju pri sastavljanju montažnih gredica biti ispunjene tankim slojem morta. One treba da su što tanje. Maksimalno do 5 mm. Svrha morta je zaglađivanje neravnosti na sudarnim površinama opeka. Opeka se upusti sudarnom plohom u mort, te se priljubi uz susjednu opeku. Potpuno je dovoljna količina morta koja se primi na upuštenu sudarnu površinu opeke.

Prije ugradbe, željezo treba da je dobro izravnano napinjanjem i očišćeno, te prema potrebi savinuto i providěno kukama. Naknadno presavijanje željeza, koje strži iz gredica, opasno je zbog tankog sloja zaštitnog betona.

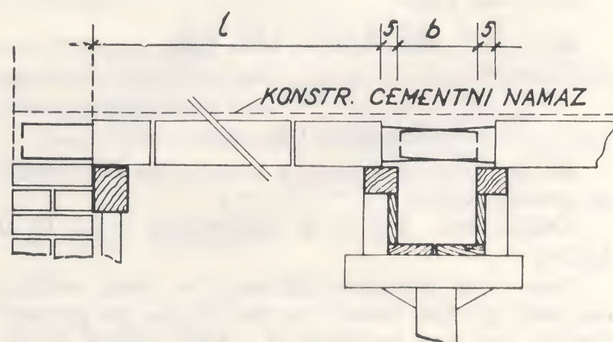
Dovršene grede treba ostaviti da miruju dok mort dovoljno ne otvrdne, no najmanje 3 dana. Kroz to vrijeme treba ih redovito polijevati, i to prvi put cca 6 sati nakon dovršenja, a kasnije prema vremenskim prilikama, no najmanje dva puta dnevno. Polijevati treba posudom koja ima napravu za raspršivanje vode.

Prigodom uskladištenja mogu se montažne grede polagati jedna na drugu, najviše do 10 redova. Donja greda mora ležati na tvrdoj podlozi iste zakrivljenosti kao i same grede, ali na međusloju pijeska debljine 1 cm. Jednaki sloj pijeska nanosi se na svaku gredu prije polaganja slijedeće. Gornje četiri grede mogu se položiti neposredno jedna na drugu, bez međusloja pijeska.

Prenošenje i slaganje greda treba obaviti oprezno, da prilikom transporta ne bi došlo do loma. Grede treba nositi u položaju u kojem će biti ugrađene, tj. s nosivom armaturom prema dolje. Kod prenošenja se grede prihvaćaju samo u blizini krajeva. Zabranjeno je prihvaćanje za armaturu. Duže prijevoze kamionima ili kolima treba općenito izbjegavati. Ukoliko se takav transport ipak mora obaviti, potreban je naročiti oprez.

Prije montaže grede trebaju odležati cca 2 tjedna, prema vremenskim prilikama, ukoliko se pokusom ne dokaže mogućnost skraćivanja ovoga roka. Što se tiče minimalnih temperatura, vrijede odredbe propisa za beton i armirani beton (PTP 3).

Izrada gredica dozvoljena je samo kod temperature iznad 5°C ili u zatvorenim prostorijama. U




*Sl. 8*

principu je svakako bolje upotrebljavati portland cement koji brzo stvrdnjava (PC 350).

Za kontrolu kvaliteta izrade montažnih gredica mora se svaka greda prije ugradbe pokusno opteretiti živim teretom. Trajanje pokusnog opterećenja svake pojedine grede živim teretom iznosi najmanje 3 minute.

Stropne kontrukcije treba izvesti tako, da se sljubnice između susjednih gredica po mogućnosti ne poklapaju. Isto vrijedi i za postavljanje opeka ispuna.

Prigodom montaže, gredice se polažu na u tu svrhu namijenjene drvene podvlake oplate betonskih greda.

Oslanjanje gredica neposredno na betonske grede i serklaže nepoželjno je, zbog stiskanja armature grede. Montažne se grede postavljaju na drvene podvlake, u propisanom razmaku, koji odgovara tipu stropa. Kod stropova s elementima ispune, ovi se polažu na tanki sloj morta koji je nanesen na ležajne istake nosećih elemenata. Međuprostor se ispunjava betonom.

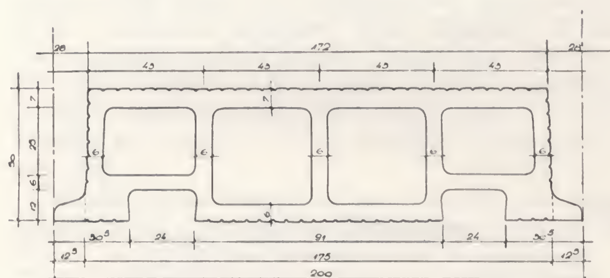
Ispunjavanje međuprostora između pojedinih greda, odnosno između greda i elemenata za ispunu, te betoniranje serklaža i gornjih dijelova greda treba, po mogućnosti, izvoditi istovremeno. Beton iz serklaža i greda prilikom betoniranja ispunjava šupljine u pojedinim krajnjim opekama, što je samo povoljno s obzirom na bolju vezu pojedinih konstruktivnih elemenata stropa.

Istodobno s ispunom međuprostora nanosi se i cementni namaz (koji se smatra povišenjem tlačne zone). Svi ovi radovi moraju se izvoditi bez prekida. Bezuvjetno je potrebno osigurati mirno vezanje i otvrdnjavanje cementnog morta stropne konstrukcije za vrijeme rada, kao i kroz slijedeća 3 dana. U tom vremenskom razmaku treba izbjegavati hodanje po dovršenim dijelovima stropa.

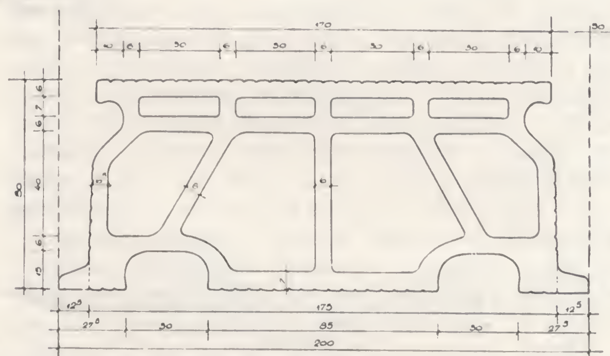
Dovršenu stropnu konstrukciju treba zaštiti od uticaja sunca i vjetra, te obilno zalijevati kroz najmanje 7 dana. Polijevanju i zaštiti od neposrednih atmosferskih upliva treba posvetiti veću pažnju nego kod normalnih izvedaba u armiranom betonu.

Kod postavljanja i skidanja potpore u sredini polja kod konstrukcija od armirane opeke treba se pridržavati propisa koji važe za armirano betonske konstrukcije. Potpore treba ostavljati bar kroz dva kata.

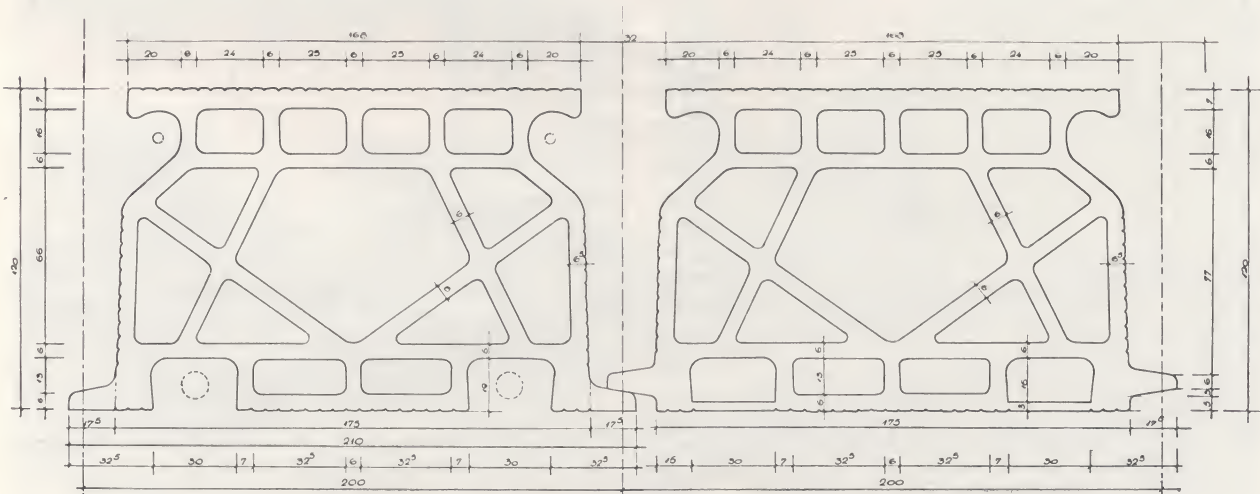
*Prilog: vrste opeka*



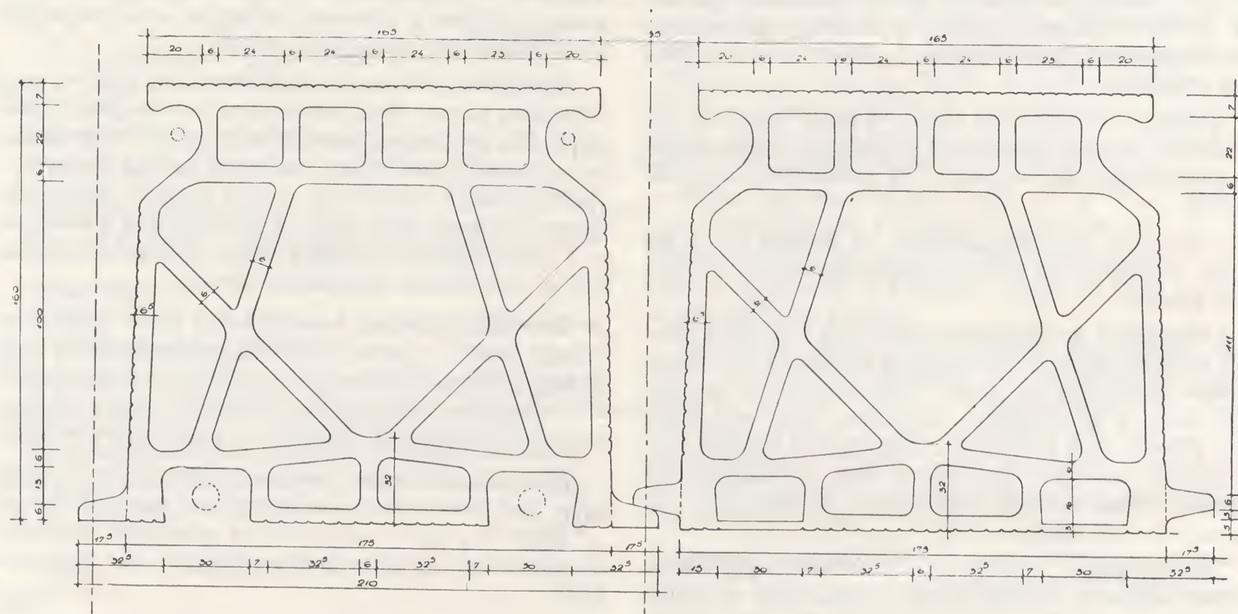
*Opeka 5 — nosiva*



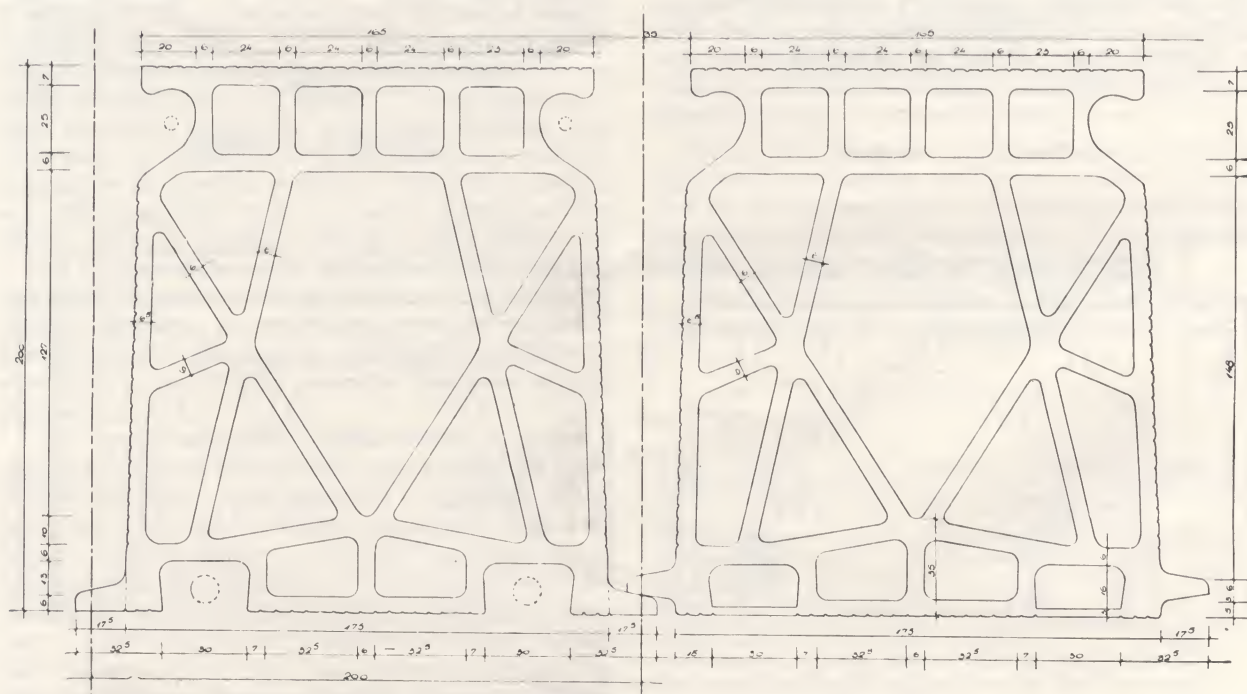
*Opeka 8 — nosiva*



*Opeka 12 — nosiva*



*Opeka 16 — nosiva*



*Opeka 20 — nosiva*

*S naših i inostranih gradilišta*

# RACIONALNO GRAĐENJE TIPSKIH STAMBENIH TORNJEVA

**Ing. Ljubomir Trgo, Zagreb**

U težnji da se udovolji zahtjevima tržišta a vodeći računa o propisima za proračune objekata na seizmiku, poduzeće »Tempo« iz Zagreba orijentiralo se na racionalan način građenja stambenih objekata. To znači, primjenom suvremene mehanizacije i izborom novih materijala te suvremenom tehnologijom građenja unaprijediti tradicionalni sistem, te kod njega postići zadovoljavajuću brzinu, a u isto vrijeme smanjiti troškove izvedbe.

Konkretan primjer takvog rada je tipski 16-katni stambeni toranj T-16. (Vidi naslovnu stranicu ovog časopisa). To je monolitan armirano betonski objekat, čiji tlocrt dobro odgovara osnovnim pretpostavkama maksimalne otpornosti na kratkotrajne udare od horizontalnih sila potresa. Izabrana horizontalna i vertikalna nosiva konstrukcija udovoljava najefektnijoj raspodjeli masa zidova, gdje je postignuta optimalna krutost pojedinih elemenata, a u isto vrijeme postignuta minimalna vlastita težina objekta. Stoga su za vertikalnu konstrukciju izabrani armirano betonski zidovi debljine 40—18 cm od prizemlja do XVI odnosno XVII kata, a za horizontalnu konstrukciju križno armirano betonske ploče debljine 18 cm, sve izvođeno na licu mjesta. Koeficijent stabilnosti tako projektiranog objekta, prema proračunu, iznosi n = 8,5, dok slovenski propisi traže n = 1,15. Objekti su izvođeni u VIII odnosno IX-toj potresnoj zoni.

Da bi tehnologija izvedbe i organizacija ovog gradilišta bila što jasnija, neophodno je ovdje iznijeti povezanost gradilišta s organizacijom poduzeća. Naime, poduzeće u operativnom smislu djeluje na bazi strukovnih pogona, koji su formirani kao samostalne radne jedinice. Djelovanjem pogona stvorena je situacija suprotnosti svih faktora koji sudjeluju u ispunjenju zadatka, ali time i međusobna kontrola kvaliteta radova, visini naplate usluga i ispunjenju rokova. Samo gradilište postalo je investitor unutar poduzeća i osnovni organizator svih usluga pogona u smislu postavljenih zadataka.

Uvjetovano s navedenim faktorima, prišlo se izradi organizacione sheme radilišta, koja je morala biti prilagođena ne samo specifičnostima objekata po konstrukciji nego i cjelokupnoj organizaciji poduzeća (strukovnim pogonima) i, naravno, raspoloživoj mehanizaciji. Kako je ovdje riječ o izvedbi šest stambenih tornjeva na »Sigetu«, potrebno je napomenuti da je njihova izgradnja bila podijeljena u dvije faze od po tri objekta. Stoga se prilikom izrade operativnog plana, te kod postave organizacije gradilišta, rasporeda mehanizacije i operativnih sredstava, vodilo računa o njihovoj maksimalnoj iskoristivosti. Tako se planom predvidjelo da se ista operativna sredstva i mehanizacija koriste u obje faze, kako bi se nakon podizanja prva tri objekta pod krov, prišlo izvedbi građevinskih radova na druga tri objekta.

Nakon detaljne analize kapaciteta toranjskih dizalica, redoslijeda operacija pojedinih vrsta radova, te specifičnosti koje su uvjetovale sistemom



*Sl. 1: Dio naselja Siget — tornjevi T-16*

strukovnhi pogona, sačinjena je organizaciona shema gradilišta, bazirana prvenstveno na dva krana za tri objekta i jednu montažnu oplatu, također za tri objekta. Logičnim smještajem kranova, kod kojih je horizontalan hod sveden na minimum, ekonomičnim rješenjem prijema, deponiranja i ugradbe pojedinih materijala, ne samo da su smanjeni unutarnji transporti nego je omogućena suvremena tehnologija građenja. Kod toga je do punog izražaja došla maksimalna iskoristivost mehanizacije (toranjske dizalice u prosjeku 9,5 sati na dan efektivnog rada), a analogno tome osjetno smanjenje potrebne radne snage i broja efektivnih časova po 1 $m^2$, o čemu će poslije biti riječi.

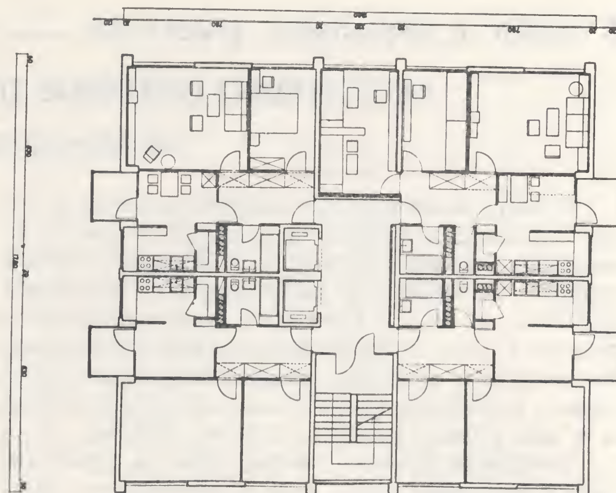
Projektirana armirano betonska konstrukcija iziskivala je pronalaženje odgovarajućih rješenja racionalnog načina građenja — lijevanje betona na licu mjesta. Kako oplata, armatura i betoniranje sačinjavaju najveći dio građevnih radova, a u isto vrijeme iziskuju najdulji period izvedbe, to se upravo kod tih ključnih radova prišlo iznalaženju mogućnosti racionalizacije. Stoga se kod projektiranja tehnologije građenja prišlo razradi pojedinih elemenata, i to:

— montažna oplata zidova stubova
— oplata stropova i stepenica
— oplata serklaža i nadvoja
— montažna armatura stropova, zidova i stubova
— spremanje i ugradba betona.

Montažna oplata zidova sastavljena je u elementu od dviju stranica, vanjske i unutarnje, koje su vezane, preko željeznog okvira i mehanizma za rasklapanje i pritezanje, putem zaokretnog čvora i vijka. Željezni okvir sadrži horizontalu na kojoj su izbušene rupe, kako bi se ova oplata mogla primjenjivati kod različitih debljina zidova. Vertikale su preko horizontalnih nosača međusobno spojene vijcima. Cijeli kostur je ukrućen vodootpornom pločom (od ukočenog drva) deb. 18 mm i leži isključivo na unutarnjoj strani objekta, dok vanjsku stranicu nosi preko željeznog okvira. Svaki element oplate na unutarnjoj strani ima radnu skelu s podijem koja služi prilikom montaže i demontaže samog elementa, te za betoniranje. Oplata unutarnjih zidova razlikuje se u tome, što nema



*Sl. 2: Pogled na gradilište*



*Sl. 3: Karakterističan tlocrt etaže*

ugrađen mehanizam za rasklapanje, jer nema zato potrebe, dok su ostali elementi zadržani. Širina osnovnog elementa je 120 cm prilagođena modulu ploče, a čitav element ima cca 13 $m^2$.

Prednost ovog sistema sastoji se:

— u brzini montaže i demontaže elemenata, tako da se u toku jednog mjeseca napravi 9 i više etaža na tri objekta, a što je zavisno od procesa stvrdnjavanja betona
— u mogućnosti montaže oplate nakon postavljanja armature zidova
— u smanjenom broju potrebne radne snage, tako da je za montažu i demontažu jedne karakteristične etaže od 460 $m^2$ dvostrane oplate zidova i stubova potrebno radnoj grupi od 14 montažera — radnika 10 sati radnog vremena
— u jednostavnom i brzom punjenju betona izravno iz korpe, u posebno montirani lijevak
— u kvalitetnom izgledu betonske površine, koju nije potrebno žbukati
— u mnogostrukoj upotrebi (preko 100 puta)
— u njenoj manipulativnosti i mogućnosti da jednom oplatom poslužujemo tri objekta i to svaki element jednim zahvatom krana.

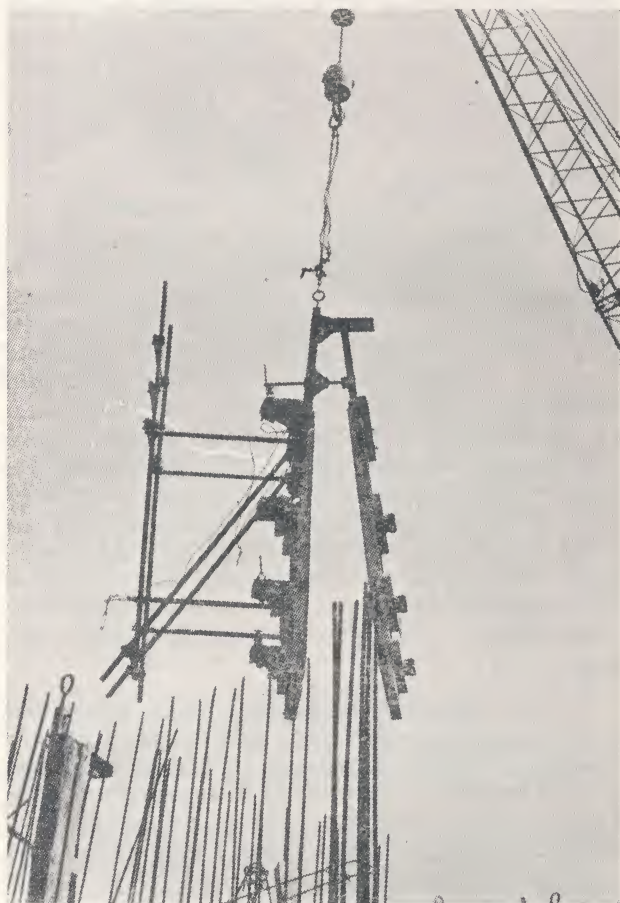
Prilagođena dinamici izvedbe zidova i stubova konstruirana je oplata stropova, serklaža i nadvoja. Kako je stropna konstrukcija križno armirana betonska ploča, to se za oplatu upotrijebila također vodootporna ploča u modularnom sistemu, položena na podvlake poduprte željeznim podupiračima. Na taj način se i kod stropova dobiva glatka površina betona, pa je i tu otpalo naknadno žbukanje površina. Oplata serklaža i nadvoja također je sačinjena u elementima od vodootporne ploče, ukrućenim željeznim jahačima, koji preuzimaju potisak betona. Prednosti oplate serklaža i nadvoja su iste kao i kod oplate zidova.

Kod tradicionalnog načina građenja bila je praksa, da se za izvedbu armirano betonskog zida ili stupa prvo postavlja oplata jedne odnosno triju stranica, zatim armatura, pa opet zatvara stranica

oplate. Kod takvog rada bio je isprepleten rad tesara i armirača. Stoga se prilikom projektiranja tehnologije građenja naših objekata tražilo rješenje kako razlučiti ove faze, da svaka struka otpočne i završi svoj posao. Rješenje smo pronašli u primjeni montažne armature.

Kako na ovakvom jednom objektu treba ugraditi 216 t betonskog željeza, to smo sav posao oko toga nastojali svesti na minimum. Zato tu treba razlikovati tri faze rada.

Prva faza je u pogonu armirača, gdje se sve betonsko željezo siječe i savije po stavkama i pozicijama, te takvo doprema na gradilište. U drugoj fazi se na samom gradilištu obavlja vezivanje armature pojedinih konstruktivnih dijelova, na posebno za to napravljenim betonskim platoima pored objekata, te deponiranje složenih elemenata na dohvat kranova. U trećoj fazi se obavlja montaža na samom objektu već ranije pripremljenih i deponiranih pojedinih elemenata, koje se kranom diže na mjesto ugradbe. Ovakvim rasporedom faza radova omogućen je kontinuirani rad armirača, kako na pripremi pored objekata, tako i na montaži na samom objektu, a u isto vrijeme izbjeglo se ispreplitanje različitih radova po strukama. Osim toga postiglo se minimalno vrijeme potrebno za montažu na objektima, jer se u već složenim elementima diže kranovima na mjesto ugradbe. U takvoj organizaciji radna grupa od 8 armirača uspijevala je montirati svu armaturu potrebnu za stropnu konstrukciju, serklaže i nadvoje jedne etaže (oko 4.600 kg betonskog željeza) za 3,4 sata radnog vremena, ili tih istih 8 ljudi pripremilo je i montiralo 648 t betonskog željeza za tri objekta T-16 za 150 radnih dana.



*Sl. 4: Postavljanje dijela montažne oplate zidova*



*Sl. 5: Izvedba druge faze*

Kako svaki od objekta ima preko 3.400 $m^3$ betona različitih maraka, to se kod projektiranja tehnologije građenja posebno vodilo računa o ugradbi betona. Kako poduzeće posjeduje svoju vlastitu tvornicu betona, udaljenu od gradilišta cca 10 km, to je izrada betona time bila osigurana, pa je naročitu pažnju trebalo posvetiti prijemu i ugradbi betona na licu mjesta. S obzirom da na gradilište stiže gotov beton u posebnim vozilima (agitatori), prijem se riješio putem navažanja tih vozila nad kranske korpe i direktan istovar iz vozila u te korpe. Takvom organizacijom izrade transporta i prijema betona postignuta je dinamika ugradbe od 8 $m^3$ na sat prilikom betoniranja zidova i stubova, a 14 $m^3$ na sat prilikom betoniranja stropova i serklaža, sve sa 10 betoniraca.

Ovako postavljena organizacija gradilišta, gdje su usklađene pojedine faze grubih građevinskih radova ,uz detaljnu analizu kapaciteta toranjskih dizalica i ostale mehanizacije, te vodeći računa o potrebnom vremenu vezivanja betona, kao i unaprijed planirani rad pojedinih brigada, omogućili su postavu takvog plana napredovanja radova po objektima, baziranog na spomenutim elementima, a izrađenog tačno po dnevnim intervalima. Analizirajući tehnološki proces izvedbe svih radova u jednoj etaži i minimalno potrebno vrijeme, došlo se do podataka da je potrebno 8 radnih dana za izvedbu svih građevinskih radova jedne etaže na jednom objektu. Uključujući sva tri objekta i preklapajući radove na njima, omogućen je ciklus od 13 radnih dana za tri etaže na tri objekta. Ponavljanjem takvog ciklusa uspjelo se za 150 radnih dana, sa dvije toranjske dizalice i jednom montažnom oplatom, izvesti grube građevinske radove na tri 17-est katna tornja. Sve vrste i faze radova kretale su se striktno po dinamici kalendarskog plana. Radne brigade su ciklički uklapane i tako uvježbane postizavale dobre rezultate proizvodnje. Kon-

tinuirani rad i ponavljanje radnih procesa omogućio je prebačaj norme svim brigadama. Tako, na primjer, tesari su u prosjeku prebacivali normu za 30%, betonirci za 34%, armirači za 38%, zidari za 26% itd.

Kod projektiranja i usvajanja tehnologije unutarnjih građevinskih i obrtničkih radova, posebno se vodilo računa o slijedećem:

— unutarnjim radovima slijediti rast objekta odnosno grube građevinske radove
— izabrati takve materijale koji će osigurati kvalitetu i minimalno vrijeme izvedbe a da neće bitno utjecati na konačnu cijenu stana
— da bi se dobilo na vremenu i skratio rok izvedbe, sve izrade i pripreme svih radova obaviti u radionicama, a na objektima samo ugradbe, montaže i finalnu obradu
— izbaciti skoro u potpunosti mokre postupke kod izvedbe unutarnjih radova jer oni neminovno produžavaju vrijeme izvedbe.

Zbog toga smo za pregradne stijene izabrali siporeks ploče dimenzije 258×60×7 cm prilagođene tlocrtnom rješenju i konstruktivnoj visini etaže. Isto tako u cilju termičke izolacije svi vanjski zidovi su obloženi također siporeksom debljine od 5—15 cm, zavisno o debljini betonskog zida. Izborom siporeksa i upotrebom oplemenjene oplate od ukočenog drva (šper) dobile su se glatke sve vertikalne površine, pa je u potpunosti otpalo njihovo žbukanje .Finalne obrade unutarnjih stijena izvedene su u stambenim prostorijama i hodnicima zidnim tapetama proizvodnje »Lipa Mill«, lepljene direktno na siporeks, odnosno beton, nakon što je prethodno zaglađen. U sanitarnim prostorijama i kuhinjama izvedena je plastična žbuka »polifix«, sa istim vodootpornim svojstvima kao uljeni nalič, ali mnogo otpornija na mehanička oštećenja. Kod obrade stropnih površina usvojena je tehnika »linkrusta« u cilju prekrivanja izvjesnih radnih reški vidljivih na betonu, koje su nastale na spojevima oplate prilikom betoniranja. Instalaterski radovi su na objektima samo montirani. Nakon što je napravljen probni stan gdje su uočeni svi nedostaci, prišlo se izradi i pripremi svih instalacija u radionicama. Tako pripremljene instalacije dopremane su na objekte, gdje je isključivo obavljana samo montaža. Na isti način postupljeno je i kod stolarskih i bravarskih radova. U radionicama su napravljene ograde, koje su djelomično i oličene, te takve dopremane i ugrađivane na objektima. Sva vratna krila i krila od ugrađenih ormara izvedena su od iverica, a na gradilište dopremljena potpuno finalizirana, i tako montirana. I za obradu fasada težili smo da umjesto klasičnog žbukanja objekta pronađemo takvo rješenje koje će dati kvalitetu i omogućiti brže i jeftinije izvođenje. Sve veća primjena novih materijala u građevinarstvu kao siporeks, te oplemenjene oplate koje daju glatke površine betona, idealan su uslov za primjenu plastičnih žbuka. Podloge za ove žbuke mogu biti sve zdrave, suhe i ravne površine, a nanose se u raznim tehnikama rada, od ručne do štrcanja komprimiranim zrakom. U našem slučaju opredijelili smo se za plastičnu žbuku »teraplast« proizvodnje »Samoborka« Samobor, koja se štrcanjem pomoću komprimiranog zraka nanosi u nekoliko slojeva, tako da njezina konačna debljina iznosi cca 3 mm. S obzirom da kod ovih žbuka otpadaju podloge grube i fine žbuke, to je i cijena niža (na primjer od »terabone« za cca 55%, od »štosane« za cca 50%, od »hirofe« za cca 30%). Primjenom suvremene tehnologije svih radova i izborom navedenih materijala, postignuti su i odgovarajući ekonomski rezultati, koji se najbolje očituju kroz potreban broj efektivnih časova za izvedbu 1 m² stambene površine. U našem slučaju ukupan broj efektivnih časova za izvedbu 1 m² stambene površine iznosi: za osnovne radove 13,9 sati/m², za završne radove 12,7 sati/m², odnosno ukupno 26,6 sati/m². Uporedimo li to sa Tvornicom stanova u Skoplju (20 sati/m²) ili Tvornicom »Camus« u Francuskoj (23 sati/m²) vidimo, da smo racionalnim načinom građenja ovih objekata ne samo postigli bolje rezultate od tradicionalnih, pa i od polumontažnih sistema, već da smo se približili svjetskim kretanjima i dostignućima.

Ovdje valja svakako naglasiti da je spomenute učinke moguće postići samo pod uvjetima izgradnje više objekata, odnosno na velikim gradilištima, gdje je moguća koncentracija mehanizacije i ostalih operativnih sredstava. Praksa nam je pokazala, da se sa ovakvom tehnologijom i racionalizacijom najbolje uklapamo u grupu od tri objekta, koji u operativnom smislu čine jednu cjelinu. Stoga »Tempo« osim izvedenih šest objekata u »Sigetu« upravo izvodi tri isto takva objekta na Trešnjevci, a upravo se pristupa izvedbi još tri objekta na lokaciji Volovčica i Črnomerac u Zagrebu.

## *Kratke vijesti*

VALJEVO. Kreditom od 7 miliona novih dinara, dobivenim od Jugoslavenske poljoprivredne banke, izgradit će se hladnjača koja bi trebala biti najveća u Evropi. U stvari, radi se o proširenju kapaciteta od sadašnjih 4600 na 12.000 tona. Za osiguranje učešća za dobivanje kredita od banke, sudjelovala su, pored IPK »Srbijanke« iz Valjeva, i neka vanjskotrgovinska poduzeća, prehrambena i metalska poduzeća iz Srbije, Slovenije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore.

UMKA. Završena je izgradnja i oprema nove fabrike kromokartona u Umci kod Beograda. Fabrika je u probnom pogonu.

ZAGREB. Poduzeće za krovopokrivanje, izolaciju i asfaltiranje »Izolator« iz Zagreba uskoro se seli u novo-

sagrađene prostorije u Zaharovoj ulici, blizu tvornice »Katran«. Radilišta »Izolatora« mogu se naći u cijeloj SFRJ i u mnogim stranim zemljama.

ZAGREB. U zadnjem kvartalu 1966. na području grada bilo je 989 zabrana gradnji i 296 rušenja raznih stambenih zgrada. Najviše divljih gradnji podignuto je u općinama Pešćenica i Maksimir, pa je prema tome tamo bilo i najviše rušenja.

ZAGREB. Na zagrebačkom stambenom tržištu početkom ove godine pojavile su se dvije novosti, koje su pobudile zanimanje među kupcima stanova. Poduzeće »Jugomont«, Zagreb, završit će ove godine oko 1000 stanova. Cijene su za jednosobni 49.000 n. d., za dvosobni 87.000 n. d., s ugrađenim centralnim grijanjem, tafting sagovima i opremom za kuhinju. Posebno valja istaći, da će se ovi relativno jeftini stanovi prodavati, od strane »Jugomonta« kao graditelja stanova za tržište, na kredit.

SOMBOR. U 1966. je ovdje izgrađen 431 stan, što je rekord za posljednjih šest godina. U društvenom sektoru bilo je izgrađeno 233 stana, a u privatnom 198. Dakle, stagnacije — kako je bilo predviđeno — nije bilo.

BEOGRAD. Lani se počelo graditi manje stanova negoli u g. 1965. Zbog toga će ove godine doći do zastoja u izgradnji stanova u društvenom sektoru. To je zaključak sindikata građevnih radnika Jugoslavije i Savjeta za građevinarstvo Savezne privredne komore.

U gradovima i industrijskim centrima priprema terena za stambene zgrade je spora i neorganizirana — tvrde građevinari. Osim toga visoki troškovi uređenja zemljišta i izgradnje komunalnih objekata veoma povisuju cijenu stana. Urbanistički planovi — rečeno je — najčešće ne odgovaraju potrebama ni mogućnostima budućih korisnika, jer zahtijevaju stanove višeg standarda. Neke banke su od proizvođača stanova za tržište, prije odobravanja kredita, tražile spiskove budućih stanara. S druge strane, građevna poduzeća ne mogu unaprijed da zaključe ugovore sa kupcima stanova sve dok nisu riješila pitanje financiranja izgradnje.

Pored toga i dalje ostaje neriješeno pitanje tko treba da kreditira izgradnju komunalnih objekata i opremanje terena.

Predstavnici proizvođača stanova i sindikata kažu, da bi novi stanovi bili znatno jeftiniji ako bi se izostavili troškovi raseljavanja iz porušenih zgrada. Smatra se, također, da bi stambena poduzeća u financiranju izgradnje stanova za stanare iz porušenih zgrada trebala da sudjeluju dijelom svojih sredstava iz amortizacije.

ZAGREB. Zagrebački periferijski predjel zvan Vrbik, gdje su još donedavno preko noći nicale divlje prizemnice i potleušice, uskoro će promijeniti izgled. Završen je projekt lijepog stambenog naselja Vrbik, koje će, kad bude sasvim dovršeno, biti pravi minijaturni grad s više od 7 000 stanovnika. Projektom je predviđeno da se sagrade tri 16-katna nebodera i kompleks 8-katnih stambenih objekata. Gradnja će se obaviti u etapama.

DARDA. Vodna zajednica u Dardi počela je opsežnim radovima na dovršenju posljednje dionice obrambenog nasipa Dunav—Drava, u dužini od pet kilometara. Još prije više od jedne decenije bio je projektiran i odobren za izgradnju ovaj hidroobjekt radi obrane od vodene stihije Dunava i Drave. Međutim, nasip je bio sagrađen u dužini od oko 13 km i radovi su bili prestali. Pored toga što će štititi veći dio Baranje od poplava, ovaj će nasip otrgnuti i novo zemljište od močvara. To je površina od oko 4500 ha. Šumari su zamislili da tu podignu brzorastuću plantažnu šumu.

DEBAR. Nizvodno od vještačkog jezera i HE »Globočica«, u blizini Debra, gradi se nova brana, koja će još jednom ujezeriti vode Crnog Drima i njegove desne pritoke Radike i propustiti ih kroz turbine nove hidroelektrane.

BEOGRAD. Kad se početkom ove godine činilo da je sve spremno za početak radova na dijelu Jadranske magistrale kroz SR Srbiju — dolinom Ibra — i da opsežnim planovima »Energoprojekta« nema šta da se doda, pojavio se i drugi projekt, projekt poduzeća »Jugoprojekt«.

Privreda ima višestruki interes kad je u pitanju uređenje Ibra i puta kroz njegovu dolinu. Zato je Zajednica elektroprivrednih preduzeća Srbije zatražila mišljenje od »Jugoprojekta« na kojem je mjestu najsvrsishodnije graditi akumulaciona jezera. Radeći na tome u »Jugoprojektu« su došli do zaključka da imaju dobro rješenje ne samo za elektroprivredu nego i za privredu i za graditelje cesta. Što je još važnije, njihov je plan jeftiniji nego onaj koji je izgrađen u »Energoprojektu«. »Energoprojekt« predviđa kod Gazivoda izgradnju jezera od 350 miliona m$^3$ vode. Prema tom rješenju magistrala mora ići padinom znatno iznad rijeke. No, drugo rješenje predviđa jezero kod mjesta Kraljevo brdo, koje je za oko 26 km zapadno od Gazivoda. To je klanac i mnogo je lakše, kako se ističe, na tom mjestu sagradili branu negoli na bilo kojem drugom mjestu. Lokacijom brane na tom mjestu omogućava se izgradnja ceste pored same rijeke, što znatno pojeftinjuje izgradnju ceste. Do toga zaključka su došli i stručnjaci za ceste. Uvjeti koje pruža Kraljevo brdo omogućavaju da se brana sagradi sa znatno manje materijala, a radovi se skraćuju za dvije godine. Akumulaciono jezero kod Kraljevog brda imalo bi 305 miliona m$^3$ vode, oko 50 miliona m$^3$ manje no što bi imalo jezero kod Gazivoda. Međutim, u »Jugoprojektu« tvrde da bi privreda Kosmeta, koja daje 430 miliona n. d. za ove radove, dobijala dovoljne količine vode i iz ove akumulacije. Dalje, bilo bi potopljeno znatno manje obradive zemlje, a raseljavanje bi bilo neznatno. No, za sada, nedostaje detaljna geološka studija terena kod Kraljeva brda.

Iz »Energoprojekta« dolazi opovrgavanje. Ističe se, da je nedopustivo upoređivati jednu kratku studiju sa detaljno razrađenim glavnim projektima. Količina vode u jezeru Kraljevo brdo ne bi bila dovoljna za privredu Kosmeta — kažu u »Energoprojektu — pa bi se moralo graditi još jedno jezero, a nije teško dokazati da izgradnja dvije akumulacije znatno više košta od one jedne koju predviđaju u »Energoprojektu«. Međutim, izgradnja ove druge akumulacije bila bi isključena ako magistrala bude prolazila pored same rijeke.

Predsjednik komisije za reviziju planova o uređenju sliva Morave iznosi, da je stanje u pogledu vode toliko nepovoljno da nijedna ušteda nije opravdana

ako se voda gubi, pa da to mora biti osnovna briga svakog projektanta.

Zaključak stručnjaka iz niza institucija, koji su se nedavno sastali i raspravljali o svemu tome, bio je da se cesta mora graditi na padinama brdovitog predjela. To ostavlja mogućnosti da se u dolini Ibra ostvare određeni zahvati za »kroćenje« vode. Obje projektne organizacije upućene su da se obrate investitorima, koji će najpozvanije moći da odluče da li im je neophodna jedna, dvije ili čak više akumulacija.

Poslije svih ovih mišljenja nešto je, ipak, ostalo nedorečeno. Sve ove i slične razmirice mogu se izbjeći ako se za određene radove raspiše natječaj. U takvim slučajevima rješenje odabire komisija, pa nema mjesta nedoumicama, koje su utoliko opasnije što mogu da dovedu do odlaganja radova. Svi se slažu da to u ovom slučaju nije isključeno, iako to nitko ne želi. Odgovor na pitanje zašto se tako nije postupilo — je neuvjerljiv Naime, smatralo se da natječaji oduzimaju mnogo vremena.

TITOVA KORENICA. Izgradnjom i asfaltiranjem ceste od Titove Korenice do Plitvica, čije se dovršenje očekuje u toku ove godine, ovaj gradić neće više biti odsječen od drugih krajeva. Cesta će omogućiti mnogobrojnim turistima, koji dolaze na Plitvička jezera, da posjete i ovaj kraj Like.

RIJEKA. U posljednje vrijeme ponovno se više puta govorilo o nedovoljnim cestovnim i uopće prometnim vezama Istre sa Rijekom, što znači i sa ostalim dijelovima Hrvatske. Nedavno je i predsjednik Izvršnog vijeća Sabora SR Hrvatske dao izjavu o potrebi da se savlada barijera Učke, a Radio-Rijeka emitirao je vijest o rezultatima rada stručne ekipe koja je obišla teren. Ekipa stručnjaka je predložila tri varijante, od kojih je u emisiji citirana jedna: rekonstrukcija ceste preko Učke za Lupoglav, zatim za Buzet i dalje dolinom Mirne prema Bujštini. Sve se, dakle, opet vrti oko Učke, kao uostalom oduvijek.

U čemu je problem cestovnog sistema Istre? Glavna istarska cestovna saobraćajnica jest cesta Trst (Koper) — Pula. To je magistralni cestovni potez na koji se nadovezuju kratke transverzale sa zapadne obale Istre i iz njezine unutrašnjosti. Tako istarska cestovna mreža ima u biti shemu ribljeg kostura, a kičma je te sheme cesta Trst—Koper—Pula. Ona se dalje nadovezuje na ceste za Apeninski poluotok (Italiju) odnosno prema Srednjoj Evropi, što je i logično jer je ta cesta nastala na pravcu starih penetracija i imperijalističkih ekspanzija u Istri od Rimljana do naci-fašista. Dalje se iznosi, da se rekonstrukcijom ceste Koper — Pula, kojom bi se ta stara magistrala podigla na razinu auto-puta, ili bar suvremene ceste I reda, ne bi ništa učinilo za rekonstrukciju cestovnog sistema u Istri, ali bi se znatno povećao kapacitet upravo one ceste koja odvaja Istru od matice zemlje.

Predlagači ističu da ne treba shvatiti da je ta cesta štetna i da treba razuvjeriti one što traže i odlučuju da se hitno obavi ta rekonstrukcija. Naime, tom cestom stiže glavni priliv turista, a važna je i za druge privredne grane. No, njezina nezamjeniva uloga doći će u pravi odnos prema interesima Istre i čitave zemlje tek onda kad prestane biti ono što je danas— faktor štetnog odvajanja, i kad postane ono što treba da bude — faktor korisnog povezivanja. A to će postati samo izgradnjom nove istarske magistrale kojoj sadašnja magistrala treba da posluži kao transverzala. Tek tada će nastupiti trenutak za njezinu rekonstrukciju — naglašavaju oni koji plediraju za izgradnju nove magistrale, a protivnici su sadanje rekonstrukcije postojećih magistrala.

BEOGRAD. Mađarski inženjeri pripremili su projekt novog mosta na Dravi kod Barča, na jugoslavensko-mađarskoj granici, nedaleko Virovitice. Gradnja mosta treba da otpočne tokom ove godine.

PAG. Otok Pag bit će prvi naš jadranski otok koji će mostom biti vezan s kopnom. Pripremni radovi za gradnju ovog mosta, dugog blizu 200 m, već su počeli. Most će u tjesnacu Fortica povezivati ovaj otok s obalom. Radovi bi trebali biti završeni do oktobra 1968.

NIŠ. Ove će se godine nastaviti izgradnja posljednje dionice međunarodne ceste Niš—jugoslavensko-bugarska granica, od Bele Palanke do Pirota, kao i Topličke magistrale od Kuršumlije prema Padnjevu, čime bi se Niš — preko Prištine — povezao i s Jadranskom magistralom.

Dionicu između Bele Palanke i Pirota, dugu 26 km, gradit će zajedničkim sredstvima Jugoslavija i Bugarska, na osnovu sporazuma postignutog 1963. Ova se cesta projektira dolinom rijeke Nišave, kako bi se izbjegle krivine i uzvišice preko planine Kremenice. Planirano je da cesta bude završena do 1969., a vrijednost svih radova se cijeni na oko 85 miliona novih dinara. Kad i ova dionica bude gotova, cesta od Niša do bugarske granice, duga 86 km, bit će po kvaliteti ravna autocesti prvog reda Beograd—Niš—Skopje.

LJUBLJANA. Izgradnju nove magistralne ceste međunarodnog značenja, Ljubljana—Nova Gorica, što je u stvari spoj sa cestama Italije preko (italijanske) Gorice, odnosno nastavak italijanskog Autoputa sunca, trebalo bi početi odmah nakon što bude gotova tehnička dokumentacija i projekti. To se očekuje početkom 1968., a SR Slovenija je već odobrila 4 miliona novih dinara. Izgradnju te ceste financirat će i jedna talijanska kompanija, specijalizirana za te poslove. Ta cesta će prelaziti jugoslavensko-italijansku granicu kod Nove Gorice, odnosno Gorice (u Italiji) i omogućiti veći priliv turista i prometa robe iz susjedne Italije u Novu Goricu i uopće u Sloveniju.

Skupština općine Nova Gorica uputila je poziv svim većim trgovinskim organizacijama u Jugoslaviji, da u Novoj Gorici, gdje se već izgrađuje moderan trgovačko-poslovni centar, otvore svoje prodavaonice.

BEOGRAD. Pregovori vođeni u Washingtonu za zaključenje sporazuma o zajmu u iznosu od 10 miliona dolara između Međunarodne banke za obnovu i razvoj i Jugoslavenske investicione banke iz Beograda, uspješno su završeni. Ovaj zajam treba da se koristi za financiranje nekih dionica željezničke pruge Županja-Opuzen.

BEOGRAD. Mašinska industrija iz Niša i Fabrika vagona iz Smederevske Palanke potpisali su ugovor s Direkcijom za izgradnju mostova u Beogradu o izgradnji

»gazele« — novog beogradskog mosta na Savi. To je jedinstveni objekt u svjetskoj mostogradnji. »Gazela« će biti građena po sistemu grede od čelika s rasponom od 590 m. Novi most će biti završen u jesen 1969. Projektant mosta je ing. Milan Đurić.

SARAJEVO. Za izgradnju novog aerodroma u Butmiru kod Sarajeva utrošit će se 55 milijuna novih dinara. Predviđa se da će prva faza izgradnje biti završena iduće godine, a druga faza za daljih godinu dana. Izgradnjom novog aerodroma, Sarajevo će moći više razvijati međunarodni turizam, te biti direktno povezano s nizom evropskih centara.

POTPEĆ. U kanjonu rijeke Lim (koja se uklapa u hidrosistem Drine) prestale su odjekivati mine, a tvornica betona je zaustavila rad. Graditelji prve hidroelektrane na Limu ispunili su svoju obavezu. Za dvije i po godine pregradili su Lim betonskom branom i sagradili elektranu, koja će godišnje proizvoditi oko 300 miliona kilovat sati elektroenergije.

Nova elektrana nosi ime »Potpeć na Limu«. Punjenje akumulacionog jezera počelo je 8. I ove godine. Lim je — kažu stručnjaci — dobio prvu stepenicu, ukroćen je betonskom branom visokom 46, a dugom 260 m, uz koju je podignuta mašinska zgrada sa 2 agregata. Branu je podiglo beogradsko građevinsko preduzeće »Hidrotehnika«. Brana će »držati« oko 45 miliona kubika vode, koja će se akumulirati u jezeru dugom 22 km, prvom vještačkom jezeru u limskoj dolini.

Od potpeći do blizu Prijepolja nastalo je jezero, koje je prekrilo 220 ha zemlje. Poduzeće »Limske hidroelektrane« sagradilo je 7 mostova i 11 km novog asfaltnog puta Bistrica—Potpeć, koji povezuje Novu Varoš i Prijepolje s desetak crnogorskih mjesta i željezničkom stanicom Priboj na Limu.

KOSOVSKA MITROVICA. Rudarsko-metalurško-kemijski kombinat »Trepča« investitor je izgradnje postrojenja u kojima će se godišnje proizvoditi 40.000 t elektrolitnog cinka, 85.000 t sumporne kiseline i 110 t rijetkog metala — kadmijuma. »Trepčina« elektroliza cinka je jedna od najvećih i najmodernijih u zemlji.

Radnički savjet »Trepče« odlučio je da se nagrade izvođači radova, među kojima su i građevinska poduzeća »Rad« (Beograd) i »Ramiz Sadik« (Priština), sa 1,25 miliona novih dinara, kojim će se sredstvima nagraditi 1250 radnika — izvođača radova. Elektroliza cinka je završena 6 mjeseci prije roka.

ZAGREB. Odbor za izvođenje investicionih radova u inozemstvu, koji djeluje u sastavu Privredne komore SR Hrvatske u Zagrebu, traži od Republičkih zajednica socijalnog osiguranja da se smanje doprinosi na osobne dohotke radnika koji rade na građevnim objektima naših poduzeća u inozemstvu. Radi prevelikih socijalnih davanja u zemlji, radni sat jugoslavenskih radnika je preskup, pa naša građevna poduzeća ne mogu uspješnije konkurirati inozemnim. Zbog toga naša poduzeća često gube dobre poslove. Odbor je također predložio formiranje konjukturno-informativne službe pri Jugoslavenskom građevinskom centru u Beogradu, kako bi se našim poduzećima omogućilo da uspješnije konkuriraju. Ta bi služba trebala koordinirati nastup domaćih građevinara na inozemnom tržištu.

SUBOTICA. Sadašnja cesta i pogranične zgrade na ulazu u Jugoslaviju kod Horgoša bili su »usko grlo«. U 1966. je na ovom graničnom prelazu ušlo milijun i po putnika. Nedavno je završena izgradnja i oprema nove zgrade Pograničnog povjereništva i Carinarnice, a proširena je i cesta za ulazak, odnosno izlazak iz SFRJ. Poduzeće »Putnik« izgradilo je motel, a »Jugopetrol« je sagradio novu benzinsku stanicu.

BOSANSKA GRADIŠKA. Do kraja ove godine završit će se izgradnja vodovoda. Skupština općine razmatrala je i problem izgradnje kanalizacije. Naručit će se projekt za izgradnju gradske kanalizacije. Prema prvim procjenama, kompletna kanalizacija koštat će 5,4 miliona novih dinara.

BAČKA PALANKA. Zavod za komunalna i stambena pitanja izložio je građanima na uvid i diskusiju idejni projekt nove rekreacione zone u priobalnom pojasu na Dunavu. Prikazane su zamisli o izgradnji pristaništa, dviju plaža, kamping-naselja, doma sportova, rezervata za podunavsku floru, kavane, kolonije ribiča, kao i drugih objekata.

DIMITROVGRAD. Na graničnom prijelazu (za Bugarsku) kod Dimitrovgrada sagradit će se više turističkih objekata: suvremeni motel i razni servisi. Investitor je ljubljansko turističko poduzeće »Kompas«.

VARAŽDIN. Građevno-industrijski kombinat »Zagorje« sve uspješnije obavlja i radove u nekim zemljama Zapadne Evrope. Tako je dohodak od građevinske djelatnosti samo u SR Njemačkoj iznosio lani 1,7 miliona DM, a u ovoj se godini predviđa povećanje za oko 30%. U deviznom prihodu sudjelovat će i pogon stolarije, sa cca 900.000 DM. U ovoj se godini očekuje proširenje poslova u Mađarskoj i Austriji.

R. P.

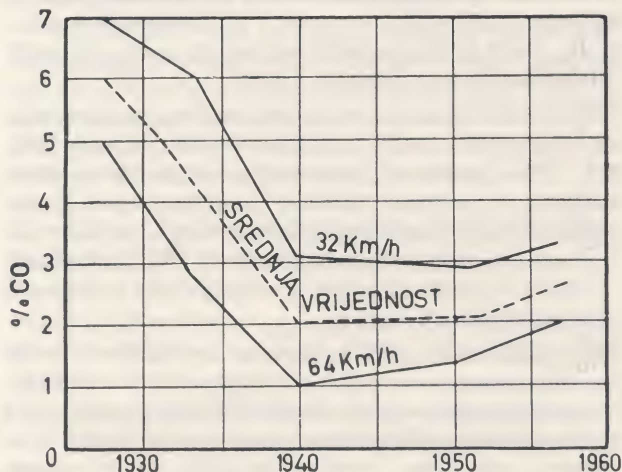
## *Iz inozemnih časopisa*

### VENTILACIJA CESTOVNIH TUNELA

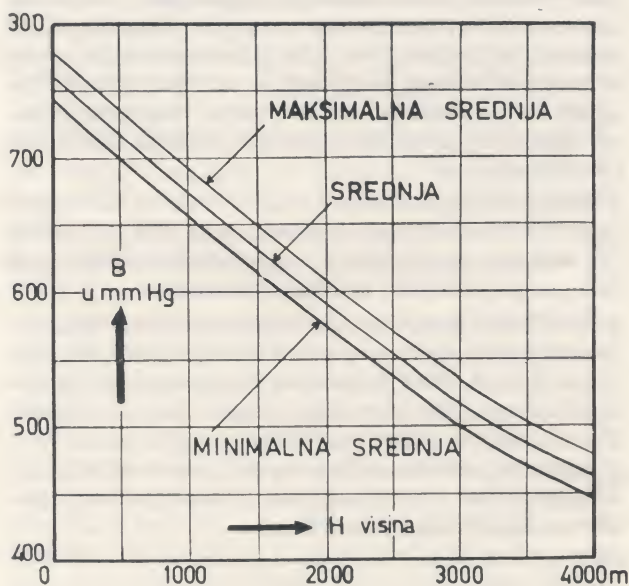
Pitanje ventiliranja cestovnih tunela studira se u USA još od kraja prvog svjetskog rata, naime već pri izgradnji tunela Holland (2.518 m) i tunela Liberty (1932 m). Razlog je bio sve brži porast motorizacije. U svesku od prosinca 1965. francuskog časopisa »Revue Générale des Routes et des Aérodromes« izišao je članak F. Ramela o ovoj temi. Artor je naime i projektant ventilacije tunela Croix-Rousse u Lionu (1959).

Kvarenje zraka u tunelima nastaje uglavnom od sadržine ugljenog oksida u ispušnim plinovima vozila. Radi se uglavnom obično o količini od 0,3—10%. Studije u tom pogledu u Švicarskoj (sl. 1) pokazale su znatno smanjenje postotka CO (od 1925 do 1940.) te opet stanovito povećanje u slijedećim godinama. Rezultati engleskih istraživanja pokazuju postotke CO u razdoblju 1950—1955 između 1 i 2%, dok su 1925. između 5 i 7%. Švicarski eksperti su usvojili kao srednji podatak 25,2

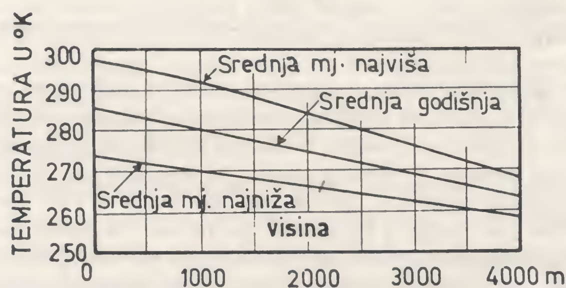
1/minut ugljikovog oksida za turistička kola težine 1350 kg kod vožnje u ravnici brzinom između 40 i 60 km/sat. Vodili su računa o koeficijentu povećanja, koga treba primijeniti u odnosu na visinski položaj ceste, sa pravolinijskim rastom tog koeficijenta, koji ide od 1, na 400 m, do 1,9 — na 2000 m, da bi se uzela u obzir manja gustoća zraka i prema tome povećanje odnosa gorivo — zrak kao i povećanje koje treba držati za obujam




Sl. 1




Sl. 2




Sl. 3

svježeg zraka potrebnog za razblaženje CO. Odnosni obujam biva povećan s koeficijentom $\frac{Bo\ T}{B\ To}$, gdje je Bo = 760 mm žive, B = pritisak na posmatranoj visini, To = 273°K (pri čemu °K predstavlja stupnjeve Kalwin, koji su jednaki stupnjevima C + 273), T = temperatura na posmatranoj visini u °K.

U slikama 2 i 3 iznose se vrijednosti B odnosno T, koje su pronašli Švicarci mjerenjima između 1901 i 1940, i koji su ujedno izradili dijagrame, u kojima su naznačeni koeficijenti povećanja CO u funkciji uspona, padova i nepodesne vožnje. Pri projektiranju se ove vrijednosti povećavaju za 15%.

Organizacija »Société des Ingenierus Civils de France« proučila je (1956). ispuštanja CO kod različitih motora, to je ustanovila veliku različitost pri istoj brzini za razne motore i pri različitim brzinama za jedan isti motor.

Prigodom studije ventilacije tunela Mont Blanc, organizacija UTAC je obavila probe, koje su potvrdile redoslijed veličina dat od švicarskih tehničara. Probe, koje je obavljao predstavnik francuske vlade, kao i probe koje su obavili predstavnici Švicarske, Belgije i Holandije, dale su vrijednosti označenih u slijedećoj tablici:

| Tuneli | | Brzina u km/h | Razvijanje CO u 1/minut | |
|---|---|---|---|---|
| | | | srednje za sva vozila | vozila samo na benzin |
| Antwerpen | jutro | 31,5 | 15,9 | 21,9 |
| | večer | 39,1 | 16,9 | 19,9 |
| Rotterdam | jutro | 20—22 | 15,8 | 20,2 |
| | večer | 20—22 | 14,9 | 18,8 |
| Velsen | večer | 36 | 16,4 | 19,1 |
| Lion | 30-6-1961 | 53 | 25,6 | 29,5 |
| | 5-4-1962 | 55 | 27,6 | 31,4 |
| Axenstrasse | jutro | 31,4 | 15,2 | 17,3 |
| | večer | 30,6 | 15,0 | 17,5 |

Podudaranje ovih vrijednosti i onih švicarskih bolje je za niske brzine negoli za brzine od 45—60 km/h.

Probe u Americi (1919) obavljene na grupama od po dvadeset osoba, u zatvorenim prostorijama u koje su bile ubačene različite količine CO, dale su ove rezultate: nakon jednog sata, sa koncentracijom CO jednakom 400 p. p. m. (dijelova na milijun), nije se nitko pritužio na neku osjetljivu smetnju; CO jednak 600 p. p. m. primjećivale su se lagane smetnje; kod 800 p. p. m. ostvarile su se trajne smetnje.

Na osnovu ispitivanja koje je obavio Ing. Singetad u tunelu Holand kod dvije struje vozila, sa prometom od 2371 vozila na sat, pronašao je da sadržina CO nije prešla 160 p. p. m., te je predložio da se kao maksimum pridržava 250 p. p. m. Sada u velikim evropskim tunelima imaju vrijednosti ispod 100 p.p.m. (Lion-80 p. p. m.,

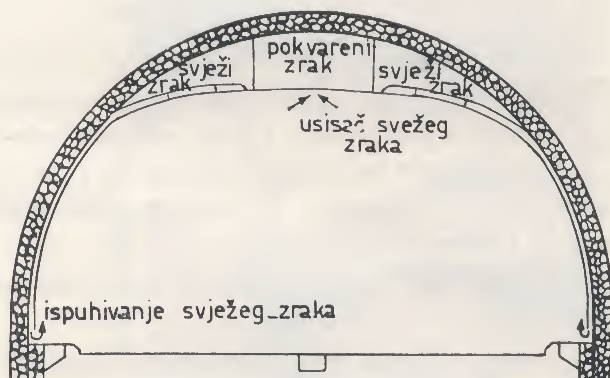
Antwerpen 30—40 p. p. m., Rotterdam 60 p. p. m., Vesen 30 p. p. m., Guadarrama 20 p. p. m.

U raznim tunelima primijećena je relativna zamračenost-neprozirnost, tj. procentualno smanjenje svjetlosnog toka na dužinu od 30 m, koja je posljedica prisustva CO, pa je ustanovljeno da za promete koji sadrže isti postotak motora diesel, postoji srazmjer između sadržine CO u atmosferi tunela i neprozirnosti (a i mirisa), te da je vozač veoma osjetljiv na dobru prozirnost zraka i na odsustvo mirisa. Vidljivost je bila u porastu s povećanjem rasvjete, ali rasvjeta čini uočljivijim dimove. Kod prirodne ventilacije ustanovljeno je da je rasvjeta vrlo jaka kad nema prometa vozila, a nestaje kad su vršci prometa.

U studiji su sistemi ventilacije koji se imaju primijeniti da bi se stavka kvarenja zraka zadržala na normalnoj vrijednosti. Za brdske ceste u Švicarskoj pretpostavlja se prividni stupanj kvarenja 250 p. p. m. za dužine tunela ispod 1 km, a 200 p. p. m. za dužine ispod 3 km. Za sigurnost osoblja određenog za održavanje tunela utvrđene su stvarne vrijednosti od 100 p. p. m. za 8 sati rada, a tunel Mont Blanc je doista i projektiran uzevši u obzir taj maksimum.

Imamo nekoliko sistema ventilacije:

P r i r o d n a  v e n t i l a c i j a — uzdužno strujanje zraka sa brzinom 1—3 m/sec, a nekad i 4 m/sec, ostvaruje se kad su klimatske prilike na krajevima tunela različite i kad je temperatura stijena dovoljno visoka da stvara »efekat strujanja u kaminu«. U tunelu sa jednosmjernim prometom ventilacija nastaje uslijed povlačenja zraka od strane vozila u kretnji. Za tu ventilaciju označili su francuski, njemački i švicarski tehničari metode računanja. Švicarci polaze sa kontaminacijom ugljikovim oksidom jednakom 250 p. p. m. te pretpostavljaju prirodnu ventilaciju za tunele dužine 500 i 800 m u ravnici, presjeka 42 odnosno 67 $m^2$, a dužine 285 m za tunele u nagibu 4%. Za dvostruki smjer prometa pretpostavljaju se dužine 140—160 m za presjeke od 42 $m^2$, a 210—250 m za presjeke od 67 $m^2$.




*Sl. 4: Ubacivanje svježeg zraka odozgo*

V j e š t a č k a  v e n t i l a c i j a — Amerikanci su još 1919, smatrali da je najbolje ubacivati svježi zrak odozdo, a isisavati pokvareni zrak kroz pukotine izvedene na vrhu. Norme za ubacivanje svježeg zraka nisu u Americi pretrpjele promjene. Zrak je ubacivan u slijedećim količinama za svaku traku širine 3,50 m: u ravnici 174 l/s, u usponu od 3,5% 232 l/s, u padu od 3,5% 116 l/s.

Broj kanala ventilacije je općenito dva za svježi zrak i jedan za pokvareni, ali to nije slučaj kod naročito dugih tunela. Došlo se do zaključka da dužina raspodjele može da dostigne 1450 m. Drugi problem, koji se pokazao kod izgradnje Mont Blanca je onaj temperature zraka, koja, budući je zimi vrlo niska, ne može se dovesti na temperaturu stijene na način da se postigne dobro izjednačenje u središtu tunela. Švicarci su u San Bernardu isprobali zagrijavanje zraka sa pogodnim napravama, ali je to vrlo skupo, pa se zbog toga nije moglo primijeniti kod Mont Blanca. Da bi se riješio problem pribjeglo se je upotrebi prednapregnutog betona.

P o l u t r a n z v e z a l n i  s i s t e m su zamislili i koristili Englezi 1934. pri izgradnji tunela ispod Mersey-a u Liverpolu. Taj sistem koristi poprečni presjek, u kome saobraćaju vozila, da bi se učinilo da cirkulira uzdužno pokvareni zrak, koji se evakuira na krajevima tunela. Svježi se zrak ubacuje u kanal izgrađen ispod tunela. U raznim tunelima izgrađenim u različitim zemljama količina ubačenog zraka varira od 77 do 216 l/sec. Naravno količina je u funkciji nagiba ceste.

Prednost ovog sistema je u tome što omogućuva manji trošak, jer se uštedi na izgradnji jednog kanala, dok je nedostatak u tome što se stvara neprozirnost zraka, koja nastaje od ispuštenih dimova.

I m a m o  i  l o n g i t u d i n a l n i  s i s t e m, gdje se radi o centralnom isisavanju ubačenog zraka na krajevima tunela, pomoću jednog ili više ventilatora raspoređenih u jednom centralnom bunaru evakuacije. Ovaj je sistem primijenjen 1924. kod tunela Liberty u Pittsburgu, a nakon toga kod tunela S. Cloud, čiji ventilator usisava 460—500 $m^3$/sec.

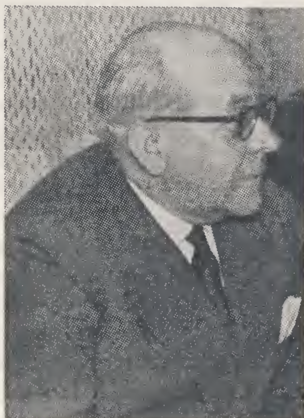
Sistem na tangecijalno ubacivanje koristi ventilatore raspoređene na jednom ulazu tunela, izvan poprečnog presjeka (općenito ispod svoda), da bi ispuhivao zrak velikom brzinom (15—30 $m^3$/s) u pravcu drugog kraja tunela i u pravcu kretanja vozila.

Nedavno je uveden sistem s malim ventilatorima, raspoređenim uzduž tunela, koji prave uzdužnu ventilaciju. Taj sistem ima prednost što se može koristiti za stare tunele, jer ne traži posebne radove.

Podaci su crpljeni iz Le Strade, VI-1966.

Ing. H. Nežić

## IN MEMORIAM — PROF. INŽ. BRANKO ŠIROLA



I opet je neumitna smrt istrgnula iz naše sredine izvrsnog stručnjaka, plodnog pisca i odličnog pedagoga.

Prof. inž. Branko Širola rođen je 1897. u Karlovcu u porodici istaknunutog pedagoga. Među vršnjacima uvijek se isticao izvanrednom nadarenošću i marljivošću. Maturirao je u Zagrebu 1916. Dva semestra studirao je u Beču, ali ga je vihor rata omeo u studiranju, koje nastavlja 1919. u Pragu. Diplomirao je u rekordnom vremenu, 1922., kao najbolji diplomant godišta.

Po povratku u domovinu postaje profesor Srednje tehničke škole u Zagrebu, u kojoj djeluje kao izvrstan stručnjak i pedagog 38 godina.

Pored odgojno-obrazovnog rada, radi u građevinskoj operativi kao statičar, konstruktor, projektant i stručni konzultant.

Izvanredno nadaren za prenošenje znanja, usavršava metodiku nastavnih sadržaja, aktualizira nastavne planove i programe i unosi u nastavu moderne tekovine građevinske teorije i prakse. Kako u ono vrijeme mi nismo u stručnoj nastavi imali nikakvih nastavnih sredstava, osim ploče, krede i diktiranja, pristupa pionirskom poslu pisanja školskih udžbenika, priručnika i projektiranja didaktičkih pomagala.

Namnožena iskustva i znanja prezentira u mnogobrojnim člancima Građevinskog vjesnika, čiji je neumorni urednik od 1933. do 1941. U vlastitoj nakladi izdaje 1936. Građevinski priručnik za armirani beton, djelo kakvo do onda nismo imali na čitavom Balkanu. Već 1938. izlazi drugo, a poslije rata još četiri izdanja. Građevinski priručnik postaje potreba svakog građevinskog inženjera i tehničara. To nije bilo ni jednostavno ni lako, jer se trebalo boriti s predrasudama, terminologijom, principima za naučnost i stručnu ekzaktnost, čiji je poklonik profesor Širola uvijek bio.

Najplodnije razdoblje njegovog stvaralaštva započinje poslije rata. Pedagog, stručnjak, savjetnik, pisac, konstruktor, organizator, neiscrpan u radu, svakodnevno vodi bitku s vremenom. Na sve dospjeva, jer je primjeran metodičar i organizator. Nakon svakodnevnog napornog rada u školi s učenicima, kolegama, konzultacijama, ekspertizama, noću piše udžbenike i priručnike iz građevnih konstrukcija, armiranog betona i statistike. U razdoblju od 1948. do prerane smrti u studenom 1966. izašlo mu je preko 20 stručnih knjiga. Nema u našoj zemlji građevinskog stručnjaka koji ne poznaje njegovo ime, a Priručnik za armirani beton postao je svojina svakog građevinskog stručnjaka.

Završen je jedan plodan stvaralački život, ali djela ostaju živa i ostat će domet koji neće biti dugo naučno, stručno i metodički premašen.

Prof. Z. P.

---

**SAVJET GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U ZAGREBU RASPISUJE**

**Ponovni natječaj za popunjenje slijedećih radnih mjesta:**

1. Nastavnika na Katedri za geotehniku
2. Stalnog asistenta na Katedri za ceste, a za predmete »Zemljani radovi«, »Tuneli« i »Aerodromi«.

Kandidat pod 1) mora ispunjavati uvjete iz čl. 72 Zakona o visokoškolskom obrazovanju, a kandidat pod 2) uvjete iz člana 86 Zakona o visokoškolskom obrazovanju.

Molbe taksirane sa 0,50 N. din državnog biljega, predaju se tajništvu Građevinskog fakulteta u Zagrebu, Kačićeva ul. br. 26.

Molbi je potrebno priložiti biografiju, posljednje rješenje o postavljenju i popis stručnih radova. Oni kandidati koji stupaju prvi puta u radni odnos, prilažu dokumente potrebne za zasnivanje radnog odnosa.

Natječaj traje mjesec dana od dana kada je objavljen.

Učesnici natječaja bit će obavješteni o rezultatu natječaja u roku od 15 dana nakon obavljenog izbora kandidata.

SAVJET
GRAĐEVINSKOG FAKULTETA
ZAGREB

»MEHANIZACIJA U GRAĐEVINARSTVU« KOMPLET N. DIN 55

»ZAVRŠNI GRAĐEVNI RADOVI«

Ing. arh. Vjekoslav Faltus: »Ravni krovovi« N. Din 15
Problemi prolaza topline i vlage kod građevinskih elemenata u eksploataciji

Ing. arh. Vjekoslav Faltus: »Limarije« N. Din 9
Materijali za izvođenje limarskih radova i građevinski radovi

»PRIMJENJENA GEOMEHANIKA«

Prof. dr ing. Ervin Nonveiller: »GEOMEHANIKA«

I dio N. Din 6

II dio N. Din 6

Ing. Nikola Horvat: »Ispitivanje zbijenosti zemljanih materijala prema metodi »Proctor-a« N. Din 2,50

»CESTOGRADNJA«

Dipl. Ing. kemije Marijan Gabrić — Ispitivanje organskih cestograđevnih veziva i njihova mješavina s kamenim agregatom N. Din 5

Ing. Vilko Heruc: Izvođenje asfaltnih i kantranskih radova N. Din 13

Ing. Vladimir Bedeković — Asfalt, svojstva, sastav i njegova primjena u cestogradnji N. Din 16

PRIVREMENI TEHNIČKI PROPISI ZA GRAĐENJE U SEIZMIČKIM PODRUČJIMA N. DIN 3

Skripta se mogu nabaviti u Društvu građ. inž. i tehn., Zagreb, Berislavićeva ul. 6/I, soba br. 12





**SDK 301 – 8 – 2331**

**je novi broj žiro računa uredništva**

**GRAĐEVINAR**

